ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 AVRIL 1903,

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT GAUDRY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, en raison des fêtes de Pâques, la séance du lundi 13 avril sera remise au mardi 14.

Notice sur Sir George-Gabriel Stokes; par M. Mascart.

« Sir George-Gabriel Stokes, un des Associés étrangers que l'Académie a perdus récemment, s'est éteint le 1er février après une longue carrière entièrement consacrée à des travaux scientifiques qui lui ont fait une légitime renommée.

» Né le 13 août 1819, Stokes commençait en 1837 ses études à l'Université de Cambridge. Dès l'année 1840, il réunissait autour de lui une sélection de jeunes étudiants, pour examiner en commun les problèmes les plus élevés de Physique mathématique. Plusieurs des membres de ce petit cénacle sont devenus célèbres et l'on a pu dire que, de 1840 à 1843, le premier laboratoire de physique des Universités anglaises était la chambre habitée par Stokes.

» En 1849, à l'âge de 30 ans, il fut appelé à occuper la chaire fondée en 1662 par E. Lucas pour « enseigner la tenue des livres et, en général, ce qui concerne le calcul ». Les derniers termes du texte ont permis d'élever singulièrement le caractère de cette chaire, qui fut occupée par Newton, et le titre de « Lucasian professor », après un devancier aussi illustre, est resté l'objet des plus grandes ambitions d'un savant.

» Stokes justifiait déjà, par des publications de premier ordre, la confiance en son mérite dont ce choix témoignait.

» Quoique bien armé par ses connaissances étendues sur les ressources de l'Analyse mathématique, au lieu de se restreindre aux recherches d'Analyse pure ou de Géométrie, il y voyait surtout un instrument précieux pour apporter la lumière et la rigueur des sciences exactes dans les problèmes de la Physique.

» Ses recherches ont porté principalement sur l'hydrodynamique, l'équilibre des corps élastiques et la théorie des phénomènes lumineux, devenue son domaine de prédilection, qu'il enrichit par une large contribution expérimentale.

» Ses premiers travaux, de 1842 à 1850, ont eu pour objet le mouvement des fluides visqueux et l'élasticité des corps solides, recherches particulièrement difficiles, dont il confirmait le résultat par les faits connus et par de nouvelles expériences. Ces beaux Mémoires fournissent la solution mathématique d'un grand nombre de problèmes aussi féconds par le progrès des méthodes d'analyse que par leurs conséquences pratiques. Nous nous bornerons à citer les titres suivants :

» Mouvement d'un fluide incompressible contenu dans un vase à section rectangulaire;

» Oscillations d'un globe dans un fluide visqueux renfermé dans une enveloppe sphérique ayant même centre que le globe en équilibre;

» Oscillations d'un cylindre circulaire indéfini dans un fluide visqueux illimité;

» Mouvement d'un fluide visqueux autour d'un globe animé d'un mouvement lent uniforme;

» Influence du frottement des fluides pour déterminer l'amortissement rapide des ondulations sur une nappe d'eau limitée et pour donner une longue persistance aux vagues océaniennes, après suppression du vent qui les a produites ;

» Profil des vagues en mer profonde, avec la détermination des inclinaisons de la crête, en avant et en arrière, et du rapport de la dénivellation à la distance des ondes.

» Les recherches relatives au mouvement du pendule, où l'on doit faire intervenir, non seulement la perte de poids, mais aussi le frottement de l'air et l'influence des parois fixes qui limitent l'enceinte, ont une importance capitale pour la détermination de la gravité aux différents points du globe. Les expériences de Bessel et Baily ont confirmé l'exactitude de la théorie proposée par Stokes.

» On y trouve aussi la vitesse limite que peuvent atteindre des goutte-

lettes d'eau très ténues tombant dans l'air en chute libre, ce qui fournit une explication complète de la suspension des nuages. Cette propriété a été mise à profit dans les expériences récentes sur l'électrolyse et sur le rôle des ions.

» Dans l'intervalle, Stokes avait traité aussi plusieurs questions délicates relatives à la constitution de l'éther et à la propagation de la lumière.

» Les belles conceptions de Fresnel sur l'explication de l'aberration par l'entraînement des ondes lumineuses pouvaient paraître plutôt un trait de génie qu'une véritable démonstration.

» Dans une discussion prolongée avec des contradicteurs, Stokes a élucidé certains points, encore un peu obscurs, concernant l'influence du mouvement de la Terre sur les phénomènes optiques et justifié la théorie de l'illustre physicien français.

» On doit signaler encore divers travaux sur la théorie des bandes noires dans le spectre, sur la réflexion métallique et la détermination expérimentale d'une vibration elliptique, l'étude des anneaux colorés au voisinage de l'angle limite, où l'auteur fait rentrer dans la théorie de Fresnel la persistance singulière de la tache noire centrale lorsque les anneaux ont disparu après la réflexion totale.

» Dans le Mémoire « sur la théorie dynamique de la diffraction » communiqué en 1849 à la Société de Cambridge, Stokes constitue une théorie mathématique de la propagation du mouvement dans un milieu élastique homogène. Il y aborde le problème célèbre de la direction des vibrations dans un rayon de lumière polarisé et aboutit, avec Fresnel, à cette conséquence que les vibrations sont perpendiculaires au plan de polarisation. L'explication du bleu du Ciel par Stokes et lord Rayleigh conduit à la même conclusion.

» La diffraction par les réseaux semble permettre une vérification directe de cette propriété et plusieurs expériences ont paru la confirmer. Malheureusement, on ne peut guère réaliser le réseau pour ainsi dire théorique qui rendrait l'épreuve décisive. Les divergences constatées par divers observateurs proviennent de la superposition de phénomènes secondaires produits sur les traits mêmes du réseau et que Fizeau a mis en évidence. Des travaux ultérieurs, confirmant les idées de Stokes, paraissent aujourd'hui avoir mis hors de doute la direction des vibrations lumineuses.

» La diffusion de la lumière sur les surfaces dépolies ou dans les milieux troubles produit des phénomènes d'interférence dont on ne rendait compte

que d'une manière imparfaite, à cause du rôle mal défini des parties diffusantes. En développant, au point de vue mathématique et physique, l'explication donnée par Young et John Herschel, Stokes a montré que l'interférence ne peut avoir lieu qu'entre des rayons diffusés au même point, sans qu'il soit nécessaire de préciser l'altération commune qu'ils y ont éprouvée. C'est ce qu'on a souvent appelé le *principe de Stokes*.

» L'œuvre vraiment magistrale qui a jeté le plus d'éclat sur le nom de Stokes est son grand Mémoire *Sur le changement de réfrangibilité de la lumière*, communiqué en 1852 à la Société royale de Londres.

» Brewster et Herschel avaient remarqué une propriété singulière de quelques corps transparents, comme le spath fluor et certains liquides organiques.

» Exposées aux rayons solaires, ces substances présentent dans le voisinage des points éclairés une sorte d'illumination intérieure, d'apparence laiteuse, qui s'affaiblit peu à peu à mesure qu'elle pénètre dans l'épaisseur du corps et disparaît bientôt, comme si le faisceau lumineux épuisait son action dans un milieu résistant. Aucune explication n'en avait été donnée et le phénomène ne paraissait pas offrir d'intérêt théorique.

» Stokes a montré qu'il en est tout autrement; c'est la lumière éclairante qui est alors transformée. Une étude attentive des rayons incidents et des rayons dérivés qui rendent les corps *fluorescents*, par leur teinte ou leur longueur d'onde, lui a permis de constater que, dans la fluorescence, la longueur d'onde est plus grande, la période de vibration plus longue et la réfrangibilité moindre que celles des rayons primitifs. Le phénomène prend ainsi une importance théorique considérable, car toutes les modifications imprimées à la lumière par la réflexion, la réfraction simple ou double, la diffraction et la diffusion n'ont d'autre effet que de changer l'intensité, c'est-à-dire l'amplitude des vibrations, sans altérer la période.

» En outre, ces phénomènes, au lieu d'être extrêmement rares, présentent au contraire un caractère de généralité très étendu. La plupart des corps, naturels ou artificiels, sont fluorescents à des degrés divers. Des méthodes simples permettent de mettre en évidence cette propriété singulière. Comme conséquence de la *loi de Stokes*, les rayons ultra-violets du spectre sont les plus actifs pour la production de la fluorescence.

» Les lueurs fluorescentes s'éteignent rapidement, mais non d'une manière instantanée, après suppression de la lumière éclairante. Stokes s'empressait d'ailleurs de reconnaître qu'il avait été précédé en partie

dans cette voie par les expériences d'Ed. Becquerel sur la phosphorescence, qui ont permis de mesurer la durée résiduelle et l'extinction progressive de ces illuminations temporaires. Il existe peut-être quelques phénomènes observés ultérieurement où la période des rayons fluorescents serait plus courte que celle des rayons primitifs, mais ces cas exceptionnels n'enlèvent pas à la loi de Stokes son importance générale.

» On peut en rapprocher les phénomènes calorifiques. La chaleur rayonnante absorbée par les corps est restituée par eux au milieu ambiant, mais à une température plus basse que celle de la source initiale et avec une longueur d'onde plus grande; c'est une transformation analogue.

» L'intérêt de ces analogies a grandi à mesure que les idées de thermodynamique ont fait des progrès. Le principe de Carnot et la loi de Stokes doivent ainsi être associés quand on veut essayer de pénétrer la constitution mécanique et la transformation des radiations.

» Ces études relatives à la fluorescence ont conduit Stokes à la recherche des rayons particulièrement actifs situés au delà de la partie la plus réfrangible que fournit le spectre solaire.

» Dans un beau Mémoire *Sur le long spectre de la lumière électrique,* Stokes a constaté que les sources artificielles à très haute température possèdent des rayons beaucoup plus réfrangibles que la lumière solaire, au moins telle que nous la recevons après son passage dans l'atmosphère; on les révèle par la production des effets de fluorescence ou par leur action photographique. Cette découverte a ouvert aux physiciens un large champ d'études qui a presque triplé l'étendue des observations spectroscopiques. La région nouvelle ultra-violette renferme également des raies caractéristiques des vapeurs incandescentes et toutes les recherches ultérieures ont profité des méthodes d'observation indiquées par Stokes avec une rare sagacité.

» Nous avons dit que Stokes appréciait surtout l'analyse mathématique comme un instrument de recherches pratiques.

» C'est ainsi qu'un Mémoire remarquable sur la convergence des séries l'a conduit à étudier certaines séries dont les termes diminuent d'abord et qui deviennent ensuite divergentes, mais dont la valeur peut être déterminée avec une grande approximation par la discussion des premiers termes. Complétant alors une théorie esquissée par sir G. Airy, il a pu déterminer la position des cinquante premières franges d'interférence, ou arcs surnuméraires, qui accompagnent l'arc-en-ciel.

» Dans un autre ordre d'idées, à l'occasion du prix Smith, Stokes fit observer que le flux d'un fluide incompressible au travers d'une surface limitée par un contour déterminé doit être indépendant de la forme de la surface et défini uniquement par les propriétés relatives au contour, et il en fournit la démonstration. C'est une transformation d'intégrale de surface en intégrale linéaire, qui a pris une grande importance dans les problèmes d'électricité ou de magnétisme et qui a été l'une des bases de la théorie électromagnétique de la lumière fondée par Maxwell.

» Le rôle de Stokes ne s'est pas borné aux travaux que nous venons de rappeler. Nommé membre de la Société royale de Londres en 1851, il fut pendant trente ans Secrétaire et pour ainsi dire l'âme de cette compagnie. Sa curiosité s'étendait à tous les sujets de Physique et de Chimie. Les différentes commissions qui faisaient appel à son autorité ont largement mis à profit les idées qu'il leur suggérait.

» Dans la cité modeste de Cambridge, au milieu de pelouses verdoyantes, qui est si fière de son glorieux passé universitaire dont elle conserve les traditions un peu archaïques, Stokes était comme un patriarche scientifique, entouré d'affection et de respect, accueillant les jeunes travailleurs qu'il encourageait de ses conseils et de son appui, s'intéressant à toutes les choses nouvelles, où il était heureux d'apporter un concours personnel, comme dans cette circonstance récente où il publiait à Manchester une interprétation ingénieuse des rayons de Röntgen. Son existence fut celle d'un homme de bien, passionnément épris des conquêtes de la Science et s'oubliant volontiers lui-même pour le bénéfice du prochain.

» En 1899, on célébrait à Cambridge le cinquantième anniversaire de son entrée comme professeur à l'Université. Les Académies et les Corps savants du monde entier sont venus rendre hommage à son mérite et apporter leurs félicitations à sa verte vieillesse. L'Académie des Sciences a tenu à prendre part à cette cérémonie en décernant à Stokes la médaille Arago, qui lui fut remise par notre regretté Confrère M. Cornu.

» Tous ses compatriotes ont applaudi à la mesure justifiée par laquelle la Reine lui a conféré le titre de *Sir*. Sir George-Gabriel Stokes, Correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section de Physique depuis 1879, avait été nommé Associé étranger en 1900. C'est une illustration perdue pour son pays et pour la Science. »

ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — « Animal thermostat ». *Problèmes énergétiques soulevés par une Note de lord Kelvin, sur la régulation de la température chez les animaux à sang chaud. Conséquences de la permanence des processus producteurs de la chaleur de combustion : insuffisance des moyens de défense de l'organisme contre l'échauffement; place de la chaleur dans le cycle énergétique;* par M. **A. Chauveau**.

« Qu'il y ait le plus haut intérêt à étudier dans leur mécanisme, leurs effets, leur rôle, les phénomènes de fermentation, de dédoublement, de réduction qui se passent dans l'organisme animal, c'est de quoi je n'ai jamais douté. Avec tous les physiologistes, je l'ai toujours reconnu et ne cesserai de le proclamer. Du reste, je ne me suis pas fait faute d'exploiter moi-même tous les travaux dont ces phénomènes ont été l'objet. J'ai cru, avant de continuer l'étude que j'ai commencée dans la dernière séance, devoir faire cette déclaration nette, pour prévenir toute méprise au sujet des conclusions qui terminent ma première Note.

» J'ai été amené, dans ces conclusions, à reproduire l'idée qu'au point de vue thermogène, ces divers processus doivent sans doute se neutraliser réciproquement, parce que, dans le bilan général de l'énergie, prise à son état initial et amenée à son état final, suivant le principe de M. Berthelot, on ne trouve place, chez l'animal, que pour la chaleur de combustion du potentiel alimentaire réellement consommé; en effet, elle est toujours à peu près exactement équivalente à la chaleur totale, mesurée au calorimètre, qui est produite par les sujets d'expérience.

» Mais je n'ai pas voulu dire par là que l'étude du bilan thermique particulier de ces processus ne puisse avoir de l'importance au point de vue de la physiologie de la nutrition.

» Quand j'ai rappelé l'inutilité de leur introduction dans le bilan général de la dépense énergétique, l'occasion m'était offerte de faire une rectification de toute première importance, relative à la présence, dans le sang veineux et dans l'air expiré, des témoins de la pérennité du processus de la combustion. On supposait qu'il y a certaines circonstances où ils sont remplacés, plus ou moins complètement, par des processus de fermentation, de dédoublement et de réduction. C'était à tort. J'ai pu établir, dans ma première Note, la permanence des phénomènes de combustion dans lesdites circonstances. La détermination méthodique de la nature et de la

quantité des gaz du sang veineux et de l'air expiré ne laisse subsister aucun doute sur ce point.

» Cette permanence est aussi démontrée par l'échauffement qui se produit toujours dans ces mêmes circonstances, contrairement aux documents empruntés par lord Kelvin aux physiologistes anglais de la fin du XVIII[e] siècle. Le moment est venu de traiter ce second point.

B. — La résistance des animaux chauffés a se mettre en équilibre de température avec le milieu chauffant.

» Ma première préoccupation doit être de faire voir que la Physiologie ou plutôt les physiologistes ont à se reprocher de n'avoir pas fourni à lord Kelvin tous les documents propres à lui montrer ce qu'il faut penser de l'existence même du phénomène de régulation pour lequel il s'est cru autorisé à proposer une explication.

» *a. Les limites respectives de la résistance à la réfrigération et de la résistance à l'échauffement.* — Si les animaux à sang chaud conservent à peu près intégralement leur température propre lorsqu'ils vivent dans un milieu aérien extrêmement froid, il en est tout autrement quand le milieu est au contraire plus chaud qu'eux. Par exemple, que la température de l'air extérieur soit inférieure de 60° à celle des sujets qui en sont entourés, ils pourront s'y entretenir en parfaite santé et leur température propre restera pour ainsi dire immuable. Si la température extérieure s'élève au contraire de 60° au-dessus de celle des animaux, *ceux-ci seront tués en un très petit nombre de minutes et, avant de mourir, s'échaufferont de plusieurs degrés au-dessus de leur température normale.* Ce manque de résistance à l'échauffement, qui fait contraste avec la merveilleuse aptitude de l'organisme à résister au froid, n'était pas inconnue du temps de Crawford. Mais son déterminisme rigoureux est dû aux belles recherches de Delaroche d'une part, de Cl. Bernard d'autre part.

» Il n'y a pas de fait mieux établi en Physiologie. On aurait tort toutefois d'en déduire que l'organisme animal, si bien protégé contre l'abaissement de la température extérieure, est dépourvu de moyens de défense contre son élévation.

» *b. Les processus de réfrigération.* — Ce ne sont pas ceux auxquels avait pensé Crawford. Mais ils n'en existent pas moins. Indiqués par Franklin dès le milieu du XVIII[e] siècle, parfaitement étudiés dans l'œuvre de Delaroche, ces processus sont ceux des évaporations cutanée et pulmonaire. Leur efficacité, mise en suspicion par Cl. Bernard, n'est pourtant pas

douteuse, et les conditions dans lesquelles ils interviennent utilement sont universellement connues. Mais leur puissance est extrêmement limitée.

» *c. L'insuffisance des processus de réfrigération.* — Il n'arrive en effet que trop souvent, dans les conditions ordinaires de la vie de l'homme et des animaux, pendant les saisons chaudes, qu'ils succombent au *coup de chaleur*, leur température propre s'élevant alors de 5° à 6° au-dessus de la normale et cet excédent de chaleur produisant, sur le système musculaire en général et le cœur en particulier, l'effet toxique signalé par Cl. Bernard comme cause principale de la mort. Naturellement cet échauffement a d'autant plus de chances de se produire que l'air ambiant est plus saturé d'humidité.

» *d. Facilité avec laquelle on obtient l'échauffement toxique, par insuffisance des moyens de défense de l'organisme contre la chaleur ambiante.* — Pour mettre en défaut l'action régulatrice des agents de la réfrigération et provoquer la mort des animaux à sang chaud par surélévation de leur température propre, les expérimentateurs n'ont pas besoin d'un grand excédent de température du milieu ambiant. Delaroche même a montré que, *dans une étuve maintenue à 39° environ, c'est-à-dire à la température propre du sujet d'expérience (cochon d'Inde), celle-ci peut en moins de 1 heure s'accroître au point de dépasser de 4° la température de l'étuve.*

» Ce fait, qu'il est très facile de reproduire à volonté, présente la plus haute importance. Il nous mène loin de l'opinion des physiologistes anglais du XVIIIe siècle, sur la constance ou la quasi-fixité de la température des animaux qui vivent dans un milieu plus chaud qu'eux. Chez ces animaux, *qui n'ont plus besoin de faire de la chaleur*, la production calorique n'est pourtant pas arrêtée. *A fortiori*, ne font-ils pas de froid. *Il n'y avait donc pas à chercher si, dans le cas considéré, des processus de « deoxydation » se substituent aux processus d'oxydation, en vue de cette production de froid.*

» Telle est la conclusion de notre étude en ce qui concerne la question soulevée par lord Kelvin.

» Mais le fait sur lequel cette conclusion est établie en entraîne d'autres plus importantes, au point de vue de la théorie générale de l'énergétique biologique. Il est bon de formuler les propositions qui les expriment et de les réunir dans un ensemble.

C. — La destination immédiate et essentielle des combustions respiratoires et la place de la chaleur dans le cycle des transformations énergétiques, chez les animaux a sang chaud.

» *a. Dans les conditions de milieu qui s'opposent à toute déperdition calorique et suppriment ainsi tout besoin de production de chaleur sensible, pour la conservation de la température propre des animaux à sang chaud, les processus thermogènes ne sont jamais suspendus. Ils se continuent avec une telle constance qu'ils peuvent arriver à créer plus ou moins rapidement dans l'organisme, même malgré l'intervention des causes de réfrigération, l'excédent de température de* 5° *à* 6° C. *qui est, pour la vitalité des tissus, un énergique agent de destruction et de mort.*

» *b. Donc, malgré la place considérable que tiennent, dans la vie des animaux à sang chaud, l'entretien et la régulation de la chaleur animale, ce n'est pas là le but fondamental et essentiel en vue duquel s'établissent les processus de combustion mobilisateurs de l'énergie dépensée par l'organisme animal.*

» *Assigner, comme fonction immédiate à cette dépense, la production même de la chaleur animale équivaut à dire que la mobilisation de l'énergie est déterminée par le plus étonnant des caprices de la nature : cette mobilisation obéirait, en intervenant, à des exigences absolument divergentes. Sa destination serait, en effet, ou bien de créer le milieu thermique constant indispensable à la bonne exécution de tous les actes physiologiques, ou bien de rendre ces actes impossibles en donnant au milieu thermique une valeur élevée incompatible avec la conservation de la vie.*

» *c. On échappe à cette monstrueuse contradiction en attribuant sa véritable place à la chaleur dans le cycle énergétique et en la faisant dériver de l'énergie qui a servi à créer d'abord le travail physiologique constitué par l'état d'activité des tissus et des organes de l'économie animale.*

» *d. Dans cette conception du cycle énergétique, chez les animaux, l'énergie consacrée à l'entretien de la vie a pour destination primordiale et immédiate la création de cet état d'activité des tissus et des organes, c'est-à-dire leur travail physiologique, qui se produit incessamment et se détruit de même, en se tranformant immédiatement en chaleur, avec ou sans accompagnement de travail extérieur.*

» *e. Cette conception ne s'impose pas seulement en raison des caractères et des conditions de la production thermique dans l'économie animale. La place prise, dans la philosophie de la Science, par la notion de l'énergie ne permet pas d'admettre qu'aucun des signes de l'activité des éléments de l'organisme*

puisse être autre chose qu'une manifestation du métabolisme énergétique. On ne saurait donc comprendre le fonctionnement des organes et de l'organisme sans convenir que l'état d'activité des tissus ou leur travail physiologique, représente de l'énergie fugitivement et incessamment emmagasinée et qui reparaît de suite sous forme de chaleur.

» *f. Tous les systèmes organiques ne se prêtent pas à une constatation facile des relations qui existent entre le métabolisme énergétique et leur travail physiologique, à cause de la difficulté de saisir les phénomènes intimes qui constituent ce travail. Heureusement il est un de ces systèmes, celui que représente l'ensemble des tissus musculaires et qui est le grand consommateur d'énergie de l'économie animale, où le travail physiologique est parfaitement saisissable et se prête admirablement à l'étude des rapports qui le relient aux transformations énergétiques qu'il suscite.*

» *L'état d'activité du muscle se traduit, en effet, par les modifications que la contraction introduit dans les caractères et les propriétés physiques de l'organe et surtout par la force élastique qu'il acquiert. Or, il est facile de comparer dans le muscle en contraction fixe ou stérile :*

» 1° *La dépense énergétique concomitante, appréciée d'après la quantité d'oxygène absorbée dans les échanges respiratoires, témoins de l'activité des combustions;*

» 2° *L'intensité de la force élastique, c'est-à-dire du travail physiologique créé dans l'organe en même temps que cette dépense;*

» 3° *La chaleur produite pendant la durée du travail.*

» *Or, ces trois quantités sont toujours exactement proportionnelles entre elles. Les trois termes comparés se présentent comme si le troisième dérivait du second et le second du premier, subordination qu'exprime la formule*

Dépense énergétique ⇌ Travail physiologique ⇌ Chaleur.

» *g. Il n'y a aucune raison de penser que cette équation ne s'applique pas à tous les cas d'intervention du métabolisme énergétique dans l'économie animale, même à celui de la régulation thermique ascendante, quand la rigueur de la température extérieure exige une surproduction de chaleur et l'accroissement du potentiel alimentaire dont la combustion plus ou moins directe et plus ou moins complète pourvoit à cette surproduction thermique. Il arrive, en effet, que celle-ci coïncide avec une suractivité des travaux intérieurs, tel le frisson musculaire de Ch. Richet. Mais il n'y aurait, dans ce cas, rien d'illogique à ce que le potentiel énergétique se passât du travail physiologique intermédiaire avant de se transformer en chaleur. Il est probable que le fait se produit, tout*

au moins quand ledit potentiel, tel l'alcool, paraît être assez peu propre à pourvoir aux travaux physiologiques de l'organisme.

» *h. Ainsi, pour en revenir au travail musculaire, les organes qui l'effectuent se prêtent admirablement à la détermination des relations qui existent entre la valeur du travail physiologique et celle des manifestations énergétiques qui le précèdent ou qui en dérivent.*

» *Cette détermination a démontré que, d'une manière générale, la dépense énergétique consacrée à la création du travail physiologique, c'est-à-dire ce travail lui-même, trouve sa mesure dans l'intensité des processus de combustion du potentiel alimentaire qui représente l'énergie à l'état initial, ou dans la quantité de chaleur qui en est la représentation à son état final.*

» *i. La chaleur n'est donc pas un commencement, mais une fin, dans le cycle énergétique de la vie. Aussi, quelles que soient la quantité de chaleur dont l'organisme animal soit déjà en possession et la température qu'il présente, s'il a du travail physiologique à faire (et il en a toujours, l'activité de ses tissus et de ses systèmes n'étant jamais suspendue) les processus de combustion, sources de ce travail, continuent à intervenir et à accroître la provision de chaleur sensible. C'est une inévitable et fatale nécessité. Et alors l'accroissement thermique dépasse les limites étroites qu'il lui est donné d'atteindre sans danger; d'où la mort des tissus et des organes; ils en sont eux-mêmes les agents de par l'accomplissement de l'inexorable loi du mouvement de l'énergie engagée dans leur mise en activité.*

» *Le résultat, tout logique qu'il soit, n'en est pas moins désastreux. Mais la belle ordonnance de la circulation et de l'utilisation de l'énergie n'en apparaît qu'avec plus de vigueur.* »

M. **Laveran** présente, à propos de la Note de M. *Chauveau*, les observations suivantes :

« La régulation de la température se fait assurément mieux contre le froid que contre la chaleur, mais il est incontestable que la régulation de la température contre la chaleur se fait bien chez l'homme, dans de certaines limites; tous ceux qui ont habité les pays chauds le savent. A Biskra où j'ai séjourné, la température à l'ombre s'élève souvent en été à 40° et 45°; j'ai même observé une fois la température de 50° à l'ombre. Je prenais ma température régulièrement; la température des extrémités était de 38° environ et la température de l'aisselle restait à 37° ou 37°,5; la régulation thermique se faisait donc très bien. Je n'ai constaté, malgré ces tempéra-

tures si élevées, aucun fait de coup de chaleur chez l'homme; je dois dire que, chez certains animaux, chez les chiens par exemple, la régulation de la température contre la chaleur se fait moins bien que chez l'homme. Un exercice violent empêche la régulation; c'est ainsi que, sur les troupes en marche, les coups de chaleur sont si communs.

» Nous avons fait, M. P. Regnard et moi, des expériences qui démontrent l'influence de l'exercice sur les accidents produits par la chaleur. »

MÉDECINE. — Anopheles *et Paludisme.* Note de **M. A. Laveran.**

« La découverte du rôle des *Anopheles* dans la propagation du Paludisme devait provoquer, et a provoqué en effet, une vaste enquête sur les Culicides; il importait de rechercher si, dans toutes les localités palustres, il existait des Culicides et spécialement des *Anopheles;* il fallait aussi étudier les différentes espèces d'*Anopheles* et constater leur aptitude à la propagation des fièvres palustres. Depuis 1899 je poursuis, à ce sujet, des recherches dont j'ai publié, à plusieurs reprises, les résultats partiels; je crois utile de résumer aujourd'hui, dans un travail d'ensemble, les faits principaux qui se dégagent de cette enquête. Je remercie tous les Confrères qui ont bien voulu m'envoyer des échantillons de Culicides recueillis dans toutes les parties du monde; je remercie en particulier MM. Kermorgant et Vincent, Inspecteurs du Service de santé des troupes coloniales.

» Europe : *France.* — Pendant l'été de 1899 j'ai recueilli un grand nombre de Culicides aux environs de Montpellier et à Aigues-Mortes [1].

» Les environs de Montpellier sont salubres; sur certains points (à Lattes notamment) j'ai trouvé des Culicides en grand nombre, il s'agissait toujours de *Culex.*

» La ville d'Aigues-Mortes est salubre, mais l'endémie palustre règne encore avec une assez grande intensité dans la campagne voisine. Tous les Culicides capturés dans la ville étaient des *Culex* (*C. pipiens*); au contraire, dans plusieurs localités qui m'avaient été signalées comme insalubres, j'ai trouvé des *Anopheles;* il s'agissait, dans tous les cas, de *A. maculipennis* Meigen.

» J'ai examiné un grand nombre de Culicides capturés à Menton (Alpes-Maritimes), localité très salubre, je n'ai vu aucun *Anopheles.*

» Je n'ai pas trouvé non plus d'*Anopheles* parmi des Culicides capturés dans plusieurs quartiers de Paris.

» *Corse.* — M. Ferton, commandant d'artillerie, m'a envoyé en 1900 et 1901 des

---

(1) A. Laveran, *Paludisme et moustiques* (*Janus,* juin-juillet 1900, et *Soc. de Biologie,* 24 novembre 1900).

Culicides recueillis à Bonifacio ou aux environs. La ville de Bonifacio est salubre, mais, à proximité, on trouve des localités palustres; le camp de Monte Leone et la batterie de Bocca-di-Valle sont de ce nombre; or, tandis que tous les moustiques recueillis à Bonifacio appartenaient au genre *Culex*, les *A. maculipennis* étaient nombreux parmi les Culicides recueillis, pendant les mois de septembre et octobre, à Monte Leone et à Bocca-di-Valle (1).

» Pendant le mois de septembre 1902, j'ai parcouru une partie de la Corse, j'ai visité surtout les régions de la côte orientale qui sont signalées, par tous les observateurs, comme les plus insalubres (2).

» Dans les gares de la ligne ferrée qui suit la côte orientale et dans les maisons de cantonniers voisines, j'ai fait une abondante récolte d'*Anopheles*; il s'agissait, dans tous les cas, de *A. maculipennis*. Sur les murs des chambres à coucher il était facile, en plein jour, de capturer des *Anopheles* ♀ ; ces Culicides étaient en grand nombre surtout dans les stations connues comme les plus insalubres : Biguglia, Tallone, Aléria, Alistro.

» Dans les habitations des gardiens et des pêcheurs de l'étang de Biguglia, les *Anopheles* sont très nombreux ; dans une baraque j'ai pris, en quelques minutes, 34 *A. maculipennis*.

» Cette abondance extraordinaire des *A. maculipennis* sur la côte orientale de la Corse est bien en rapport avec l'insalubrité de cette région.

» Deux localités de la Corse avaient été signalées comme très insalubres, malgré l'absence complète de moustiques : Lumio, village situé près de Calvi, et Ponte Leccia. J'ai visité ces localités en compagnie de M. le Dr Battesti et j'ai constaté qu'on y trouvait des Culicides, spécialement des *Anopheles*.

» *Espagne*. — M. le Dr J. Macdonald m'a envoyé de Rio Tinto de nombreux échantillons de Culicides. Les échantillons provenant de localités salubres se composaient uniquement de *Culex;* dans les échantillons provenant de localités palustres, les *Anopheles* étaient nombreux au contraire; trois espèces d'*Anopheles* ont été rencontrées : *A. maculipennis* en grand nombre et sur tous les points insalubres, *A. pictus* et *A. bifurcatus* (très rares) (3).

» *Grèce*. — M. le Dr Cardamatis m'a envoyé, au mois de novembre 1901, des échantillons de Culicides recueillis dans une localité palustre de la Grèce; j'ai noté l'existence de *A. superpictus* Grassi.

» Asie : *Cochinchine*. — A Saïgon même, les *Anopheles* sont rares (4) et l'on trouve presque exclusivement *A. Rossi* Giles qui, d'après les recherches de Stephens et Christophers et de James (5), est peu dangereux au point de vue de la propagation

(1) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 24 novembre 1900 et 20 avril 1901.

(2) A. Laveran, *L'assainissement de la Corse* (*Acad. de méd.*, 7 octobre 1902).

(3) Macdonald, *Mosquitos in relation to malaria* (*Brit. med. Journal*, 16 septembre 1899).

(4) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 29 novembre 1902 et 28 mars 1903.

(5) S.-P. James, *Scientif. mem. by officers of the med. and. sanitary dep. of the gov. of the India*, Calcutta, 1902.

du paludisme; parmi des Culicides capturés, au mois de décembre, à Saïgon j'ai trouvé quelques *A. sinensis* Wiedemann. Ces résultats sont bien d'accord avec ce que nous savons des conditions sanitaires de Saïgon; à côté de quartiers salubres, on observe des quartiers dans lesquels il n'est pas rare de contracter la fièvre palustre. Des *Anopheles* assez nombreux ont été capturés au mois de juillet dans la caserne d'artillerie de Saïgon qui est insalubre.

» Dans la banlieue de Saïgon, à l'hôpital indigène de Phu-My, des *A. Rossi* ont été trouvés en grand nombre.

» Le fort de Cholon est situé dans une région très insalubre de la côte; sur 85 Culicides capturés au voisinage du fort, au mois de janvier 1903, j'ai trouvé 24 *Anopheles* appartenant à deux espèces : *A. Rossi* et *A. sinensis*.

» Au cap Saint-Jacques (caserne et infirmeries), l'existence de *A. Rossi* a été notée.

» Parmi les Culicides (une douzaine) capturés au mois de juin 1902 dans l'île de Poulo-Condore, je n'ai vu aucun *Anopheles*.

» *Tonkin*. — A Hanoï, les moustiques abondent de janvier à avril, mais les *Anopheles* sont très rares, ainsi que les fièvres; pendant les mois de juillet et août les *Anopheles* sont nombreux (38 à 57 sur 100 Culicides, d'après M. le Dr Séguin), et, à cette époque, il n'est pas rare de contracter la fièvre.

» Les *Anopheles* recueillis à Hanoï se rapportent à *A. pictus* Lœw ou *A. superpictus* Grassi (1).

» Des Culicides provenant de That-Khé, près de Langson, et de Van-Linh (Haut-Tonkin) m'ont fourni des *Anopheles* en assez grand nombre : *A. pseudopictus* Grassi et *A. Vincenti* Laveran (2).

» Les fièvres du Haut-Tonkin qui règnent dans des contrées non marécageuses, mais couvertes par la brousse ou des forêts, ont été souvent désignées sous le nom de *fièvres des bois;* il n'est plus douteux aujourd'hui qu'il s'agisse de fièvres palustres.

» Dans un lot de Culicides recueillis à Than-Moï (Haut-Tonkin), j'ai noté des *Anopheles* en grand nombre; les Culicides étaient malheureusement en assez mauvais état, ce qui rendait la détermination difficile.

» *Annam*. — J'ai trouvé de nombreux *A. Rossi* parmi des Culicides capturés à Quinhon, localité insalubre, et sur les bords du fleuve Song-Ma, aux environs de Thanh-Hoa; les Culicides capturés dans cette dernière ville se rapportaient tous, au contraire, aux *Culex* ou aux *Stegomyia* (3).

» *Cambodge*. — Les Culicides que j'ai examinés provenaient de la région montagneuse et boisée située à l'ouest de Pursat; les fièvres dites *des bois* sont communes dans cette région. Les *Anopheles* étaient nombreux; ils appartenaient à deux espèces nouvelles que j'ai décrites sous les noms de *A. Martini* et *A. pursati* (4).

» *Yunnan* (*Chine*). — Les Culicides provenaient de différentes localités salubres ou insalubres; parmi les Culicides des localités insalubres, j'ai trouvé des *A. sinensis*, souvent en grand nombre (5).

---

(1) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 23 novembre 1901.

(2) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 23 novembre 1901.

(3) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 29 novembre 1902.

(4) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 12 juillet 1902.

(5) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 29 novembre 1902.

» *Amou Daria.* — M. le Dr Boris Chapiroff m'a envoyé des Culicides recueillis dans une région marécageuse et insalubre sur les bords de l'Amou-Daria (Asie centrale), les *Anopheles* étaient en grand nombre (1).

» Afrique : *Algérie.* — Au mois d'octobre 1899, M. Sarthou, pharmacien militaire, m'a envoyé des Culicides recueillis : 1° dans des jardins d'Orléansville, salubres; 2° dans une ferme des environs d'Orléansville, insalubre. Dans le premier lot je n'ai trouvé que des *Culex;* le deuxième contenait, au contraire, des *A. maculipennis* assez nombreux (2).

» J'ai habité pendant plusieurs années Constantine, je connais donc très bien les endroits salubres et insalubres de la région, et j'ai pu écrire à M. le Dr Billet : « Cherchez au Bardo, cherchez sur les bords du Rummel, à la Pépinière et au Hamma, vous devez trouver des *Anopheles* dans ces localités ». C'est en effet ce qui est arrivé; M. Billet m'a adressé des *A. maculipennis* recueillis dans le casernement du Bardo, bien connu pour son insalubrité, et dans une ferme située sur les bords du Rummel (3). Dans la ville de Constantine, qui est salubre, on ne trouve pas d'*Anopheles.*

» *Egypte.* — M. le Dr Cambouliu m'a envoyé des échantillons d'*Anopheles* de l'isthme de Suez; l'espèce la plus commune est *A. pharoensis* Theobald; deux autres espèces, plus rares, ont été bien décrites par M. Cambouliu (4).

» *Djibouti.* — M. le Dr Chabaneix a recueilli à Djibouti et dans les environs de cette ville, pendant les mois de février et mars 1901, des Culicides à l'état de larves ou d'insectes parfaits. Parmi les Culicides provenant de la ville de Djibouti, qui est salubre, je n'ai trouvé que des *Culex;* au contraire, les *Anopheles* étaient nombreux parmi les Culicides capturés à Amboulie et à Gahalmahen, localités palustres voisines de Djibouti (5).

» *Madagascar.* — L'insalubrité de Madagascar devait faire prévoir que les *Anopheles* se rencontreraient en grande abondance dans cette île; cette prévision a été pleinement justifiée.

» Le Dr Rasamimanana m'a envoyé en 1899 et en 1900 des Culicides recueillis aux environs de Tananarive; la plupart de ces moustiques appartenaient au genre *Culex*, mais il y avait aussi un certain nombre d'*Anopheles* d'une espèce nouvelle que j'ai décrite sous le nom d'*A. Coustani* (6).

» J'ai examiné un grand nombre de Culicides provenant de Diégo-Suarez ou du camp voisin d'Ankourik et j'ai constaté l'existence de nombreux *Anopheles.* Sur 30 Culicides recueillis le 6 avril 1902 au camp d'Ankourik, dans la chambre d'un lieutenant, il y avait 27 *Anopheles* et 3 *Culex* seulement. Les espèces dominantes sont,

---

(1) A. Laveran, *Soc de Biologie,* 12 juillet 1902.

(2) A. Laveran, *Janus,* juin-juillet 1900.

(3) A. Laveran, *Soc. de Biologie,* 20 avril 1901.

(4) Cambouliu, *Contribution à l'étude des* Anopheles *de l'isthme de Suez* (*Comptes rendus,* 1902).

(5) A. Laveran, *Soc. de Biologie,* 1er juin 1901.

(6) A. Laveran, *Soc. de Biologie,* 3 février 1900. *A. Coustani* a été trouvé aussi à la Réunion (L. Dyé, *Arch. de Parasitologie*, 1902, p. 359).

comme sur la côte d'Afrique : *A. funestus* Giles et *A. costalis* Lœw; j'ai noté aussi l'existence de *A. superpictus* [1].

» *Sénégal.* — Sur 32 Culicides capturés à Hahn, au mois de septembre 1902, je compte 20 *Anopheles*, il s'agit dans tous les cas de *A. costalis*; Hahn est la localité la plus insalubre de la baie de Dakar. Parmi les Culicides capturés à Dakar même, je n'ai trouvé aucun *Anopheles;* de même à Gorée; Dakar et Gorée sont des localités salubres.

» L'abondance des *Stegomyia fasciata* au Sénégal est remarquable; elle explique la facilité avec laquelle les épidémies de fièvre jaune se répandent dans cette colonie [2].

» Océanie. — J'ai examiné de nombreux spécimens de Culicides provenant les uns de la Nouvelle-Calédonie et de Tahiti où le paludisme est inconnu, les autres des Nouvelles-Hébrides où il est endémique.

» Parmi les Culicides provenant de la Nouvelle-Calédonie [3] et de Papeete (Tahiti) je n'ai trouvé aucun *Anopheles;* au contraire, j'ai constaté que les *Anopheles* formaient plus de la moitié des Culicides recueillis à Faureville, île Vaté (Nouvelles-Hébrides); ces *Anopheles* appartenaient à une nouvelle espèce que j'ai décrite sous le nom de *A. Farauti* [4].

» Amérique. — Je n'ai reçu d'Amérique qu'un petit nombre de Culicides provenant du Brésil, de la Guyane et de la Guadeloupe; j'ai noté, ici encore, l'existence d'*Anopheles* quand les Culicides provenaient de localités palustres. Au Brésil et à la Guyane, l'*Anopheles* qui domine est *A. argyrotarsis* Rob. Desvoidy.

» En résumé, j'ai constaté l'existence des *Anopheles* dans toutes les localités insalubres que j'ai visitées et dans tous les lots de Culicides recueillis en pays palustre qui m'ont été envoyés; l'abondance des *Anopheles* dans une localité donnée s'est trouvée, presque toujours, en rapport direct avec la fréquence des fièvres palustres.

» Les *Anopheles* peuvent se rencontrer dans des localités salubres, ce qui s'explique facilement. Ces Culicides ne sont pas dangereux par eux-mêmes, ils ne peuvent transmettre le Paludisme qu'autant qu'ils ont l'occasion de s'infecter en suçant le sang de malades atteints de fièvres palustres. Cette occasion fait défaut dans les localités salubres de nos pays tempérés où l'existence d'*Anopheles* a été signalée. Il faut noter aussi que toutes les espèces d'*Anopheles* ne sont pas également aptes à propager le Paludisme et que la même espèce y est plus ou moins apte, suivant les conditions cli-

---

(1) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 1er mars 1901 et 31 janvier 1903.

(2) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 31 janvier 1903. Il est démontré aujourd'hui que les *St. fasciata* propagent la fièvre jaune.

(3) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 1er juin 1901.

(4) A. Laveran, *Soc. de Biologie*, 12 juillet 1902.

matiques. L'existence de localités salubres à *Anopheles* n'est donc pas en opposition avec les faits aujourd'hui très nombreux et très concluants qui montrent que les *Anopheles* sont les agents de propagation du Paludisme.

» La conclusion pratique à tirer de ces recherches est que désormais la défense contre les moustiques doit prendre une place des plus importantes dans la prophylaxie du Paludisme. »

MÉCANIQUE. — *Des ondes du premier ordre par rapport à la vitesse au sein d'un milieu vitreux, doué de viscosité, et affecté de mouvements finis.* Note de M. **P. Duhem.**

« Soient :

Σ la surface d'onde dans l'espace des a, b, c;
l, m, n les cosinus directeurs de sa normale;
$\mathfrak{N}$ sa vitesse de propagation;
S la surface d'onde dans l'espace des x, y, z;
α, β, γ les cosinus directeurs de sa normale.

» Supposons que $\mathfrak{N}$ soit différent de zéro. L'onde sera du second ordre en ξ, η, ζ et l'on aura, en tout point de la surface Σ, trois séries d'égalités dont la première est

$$(1) \qquad \frac{1}{l}\left[\frac{\partial^2\xi}{\partial a\,\partial t}\right]_1^2 = \frac{1}{m}\left[\frac{\partial^2\xi}{\partial b\,\partial t}\right]_1^2 = \frac{1}{n}\left[\frac{\partial^2\xi}{\partial c\,\partial t}\right]_1^2 = -\mathfrak{N}\mathfrak{F}.$$

» Dans ces égalités, $[f]$ représente la différence $(f_2 - f_1)$ des deux déterminations, analytiquement distinctes, qu'une même grandeur f prend de part et d'autre de l'onde.

» Gardant les notations indiquées dans nos Notes du 19 janvier et du 2 février 1903 (¹), nous pourrons écrire, en tout point de la surface S,

$$(2) \quad \begin{cases} \mathfrak{d}_1 = [\Delta'_1]_1^2 = -K\mathfrak{N}(\alpha\mathfrak{X}_1 + \beta\mathfrak{Y}_1 + \gamma\mathfrak{Z}_1)(\mathfrak{X}_1\mathfrak{F} + \mathfrak{Y}_1\mathfrak{G} + \mathfrak{Z}_1\mathfrak{H}), \qquad \ldots, \\ \mathfrak{g}_1 = [\Gamma'_1]_1^2 = -K\mathfrak{N}[(\alpha\mathfrak{X}_2 + \beta\mathfrak{Y}_2 + \gamma\mathfrak{Z}_2)(\mathfrak{X}_3\mathfrak{F} + \mathfrak{Y}_3\mathfrak{G} + \mathfrak{Z}_3\mathfrak{H}) \\ \qquad\qquad - (\alpha\mathfrak{X}_3 + \beta\mathfrak{Y}_3 + \gamma\mathfrak{Z}_3)(\mathfrak{X}_2\mathfrak{F} + \mathfrak{Y}_2\mathfrak{G} + \mathfrak{Z}_2\mathfrak{H})], \qquad \ldots, \end{cases}$$

où K est un facteur différent de o.

» D'autre part, en chaque point de la surface S, on devra avoir trois

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, p. 139 et 281.

égalités dont la première est

$$(3) \qquad [\nu_x]_1^2\alpha + [\tau_z]_1^2\beta + [\tau_y]_1^2\gamma = 0.$$

» Si l'on désigne par $\mathfrak{f}$ une forme quadratique composée avec $\mathfrak{d}_1, \ldots, \mathfrak{g}_1, \ldots$ comme la fonction dissipative $\mathfrak{F}$ est composée avec $\Delta'_1, \ldots, \Gamma'_1$, on voit sans peine que $[\nu_x]_1^2$ se tire de $\mathfrak{f}$ comme ν_x de $\mathfrak{F}$; alors, selon les formules (4) de notre Note *Sur la viscosité en un milieu vitreux* [1], les égalités (3) se transforment en trois égalités dont la première est

$$(4) \quad \left\{\begin{aligned}
&\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{d}_1}(\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma)\mathcal{X}_1 + \frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{d}_2}(\mathcal{X}_2\alpha + \mathcal{Y}_2\beta + \mathcal{Z}_2\gamma)\mathcal{X}_2 \\
&\qquad\qquad + \frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{d}_3}(\mathcal{X}_3\alpha + \mathcal{Y}_3\beta + \mathcal{Z}_3\gamma)\mathcal{X}_3 \\
&\quad + \frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_1}[(\mathcal{X}_2\alpha + \mathcal{Y}_2\beta + \mathcal{Z}_2\gamma)\mathcal{X}_3 + (\mathcal{X}_3\alpha + \mathcal{Y}_3\beta + \mathcal{Z}_3\gamma)\mathcal{X}_2] \\
&\quad + \frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_2}[(\mathcal{X}_3\alpha + \mathcal{Y}_3\beta + \mathcal{Z}_3\gamma)\mathcal{X}_1 + (\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma)\mathcal{X}_3] \\
&\quad + \frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_3}[(\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma)\mathcal{X}_2 + (\mathcal{X}_2\alpha + \mathcal{Y}_2\beta + \mathcal{Z}_2\gamma)\mathcal{X}_1] = 0.
\end{aligned}\right.$$

» Si l'on multiplie respectivement ces égalités par $\mathcal{X}_1, \mathcal{Y}_1, \mathcal{Z}_1$ et si on les ajoute membre à membre, on trouve l'égalité

$$(5) \quad \left\{\begin{aligned}
&\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{d}_1}(\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma) + \frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_3}(\mathcal{X}_2\alpha + \mathcal{Y}_2\beta + \mathcal{Z}_2\gamma) \\
&\qquad\qquad + \frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_2}(\mathcal{X}_3\alpha + \mathcal{Y}_3\beta + \mathcal{Z}_3\gamma) = 0.
\end{aligned}\right.$$

» Deux autres égalités analogues s'obtiennent d'une manière semblable.

» Multiplions respectivement ces égalités (5) par

$$\begin{aligned}
&-K\mathcal{M}(\mathcal{X}_1\mathcal{F} + \mathcal{Y}_1\mathcal{G} + \mathcal{Z}_1\mathcal{H}),\\
&-K\mathcal{M}(\mathcal{X}_2\mathcal{F} + \mathcal{Y}_2\mathcal{G} + \mathcal{Z}_2\mathcal{H}),\\
&-K\mathcal{M}(\mathcal{X}_3\mathcal{F} + \mathcal{Y}_3\mathcal{G} + \mathcal{Z}_3\mathcal{H})
\end{aligned}$$

et ajoutons membre à membre les résultats obtenus, en tenant compte des égalités (2); nous trouvons

$$\mathfrak{d}_1\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{d}_1} + \mathfrak{d}_2\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{d}_2} + \mathfrak{d}_3\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{d}_3} + \mathfrak{g}_1\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_1} + \mathfrak{g}_2\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_2} + \mathfrak{g}_3\frac{\partial\mathfrak{f}}{\partial\mathfrak{g}_3} = 0,$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 2 février 1903, p. 281.

$\mathfrak{f}$ étant une forme quadratique, cette égalité équivaut à $\mathfrak{f} = 0$. D'ailleurs, $\mathfrak{L}$ étant une forme définie positive de $\Delta'_1, \ldots, \Gamma'_1, \ldots$, $\mathfrak{f}$ est une forme définie positive de $\mathfrak{d}_1, \ldots, \mathfrak{g}_1$; l'égalité précédente exige donc que l'on ait

$$(6) \qquad \mathfrak{d}_1 = 0, \quad \mathfrak{d}_2 = 0, \quad \mathfrak{d}_3 = 0, \quad \mathfrak{g}_1 = 0, \quad \mathfrak{g}_2 = 0, \quad \mathfrak{g}_3 = 0.$$

» Ces égalités (6) nous permettent d'écrire

$$2\mathfrak{d}_1(\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma) + \mathfrak{g}_3(\mathcal{X}_2\alpha + \mathcal{Y}_2\beta + \mathcal{Z}_2\gamma) + \mathfrak{g}_2(\mathcal{X}_3\alpha + \mathcal{Y}_3\beta + \mathcal{Z}_3\gamma) = 0.$$

» En vertu des égalités (2) et de la relation

$$(\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma)^2 + (\mathcal{X}_2\alpha + \mathcal{Y}_2\beta + \mathcal{Z}_2\gamma)^2 + (\mathcal{X}_3\alpha + \mathcal{Y}_3\beta + \mathcal{Z}_3\gamma)^2 = 1,$$

cette égalité devient

$$(7) \qquad \left\{ \begin{aligned} &- K\mathcal{N}(\mathcal{X}_1\mathcal{F} + \mathcal{Y}_1\mathcal{G} + \mathcal{Z}_1\mathcal{H}) \\ &- K\mathcal{N}(\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma) \\ &\quad \times [\quad (\mathcal{X}_1\alpha + \mathcal{Y}_1\beta + \mathcal{Z}_1\gamma)(\mathcal{X}_1\mathcal{F} + \mathcal{Y}_1\mathcal{G} + \mathcal{Z}_1\mathcal{H}) \\ &\qquad + (\mathcal{X}_2\alpha + \mathcal{Y}_2\beta + \mathcal{Z}_2\gamma)(\mathcal{X}_2\mathcal{F} + \mathcal{Y}_2\mathcal{G} + \mathcal{Z}_2\mathcal{H}) \\ &\qquad + (\mathcal{X}_3\alpha + \mathcal{Y}_3\beta + \mathcal{Z}_3\gamma)(\mathcal{X}_3\mathcal{F} + \mathcal{Y}_3\mathcal{G} + \mathcal{Z}_3\mathcal{H})] = 0. \end{aligned} \right.$$

» Selon les égalités (2), la quantité entre crochets est $(\mathfrak{d}_1 + \mathfrak{d}_2 + \mathfrak{d}_3)$, quantité nulle selon les égalités (6); en outre, $\mathcal{N}$ est supposé différent de 0; l'égalité (7) devient donc la première des égalités

$$\begin{aligned} \mathcal{X}_1\mathcal{F} + \mathcal{Y}_1\mathcal{G} + \mathcal{Z}_1\mathcal{H} &= 0, \\ \mathcal{X}_2\mathcal{F} + \mathcal{Y}_2\mathcal{G} + \mathcal{Z}_2\mathcal{H} &= 0, \\ \mathcal{X}_3\mathcal{F} + \mathcal{Y}_3\mathcal{G} + \mathcal{Z}_3\mathcal{H} &= 0, \end{aligned}$$

qui donnent

$$(8) \qquad \mathcal{F} = 0, \qquad \mathcal{G} = 0, \qquad \mathcal{H} = 0.$$

» Si donc la vitesse de propagation est différente de 0, l'onde ne peut être du premier ordre par rapport aux composantes de la vitesse.

» *Les seules ondes du premier ordre par rapport aux composantes u, v, w de la vitesse qui puissent persister en un milieu vitreux affecté de viscosité sont des ondes qui séparent constamment les deux mêmes parties du milieu. Une telle onde est surface de discontinuité pour la densité ρ et pour les quantités N_i, T_i. Si le milieu est bon conducteur, elle est onde du premier ordre pour la température* T; *elle est surface de discontinuité pour cette variable, si le milieu est dénué de conductibilité.* »

RAPPORTS.

Rapport présenté au nom de la Commission chargée du contrôle scientifique des opérations géodésiques de l'Équateur.

(Commissaires : MM. les membres du Bureau : MM. Bouquet de la Grye, Hatt, Bassot, Lœwy ; H. Poincaré, rapporteur.)

« La Commission chargée par l'Académie du contrôle scientifique des opérations géodésiques de l'Équateur s'est réunie le 9 mars dernier, pour entendre le Rapport de M. le Commandant Bourgeois sur les travaux effectués pendant l'année 1902.

» Il résulte malheureusement de ce Rapport que les mesures n'ont pu être menées aussi rapidement qu'on l'avait espéré l'année dernière et l'on peut évaluer dès aujourd'hui le retard à six mois environ.

» Ce retard est dû à deux causes principales et d'abord à des circonstances météorologiques exceptionnellement défavorables. Les sommets étaient constamment masqués par des nuages ou des brouillards qui rendaient les visées impossibles. C'est ainsi que M. le lieutenant Perrier a dû rester trois mois au poste du Mirador à l'altitude de 4000^{m} et presque constamment dans le brouillard. Pendant tout son séjour, pluies incessantes, horizon limité au camp même, un vent furieux qui faisait tout trembler dans la baraque. Au bout de 15 jours il n'avait pu mesurer qu'un seul angle sur 21, et il n'avait pas aperçu une seule fois le signal de Yura Cruz ; dans les vallées qui séparent les deux signaux s'écoulaient sans interruption, comme dans un canal, des bandes de nuages venant de l'Est. Jusqu'au dernier jour, M. Perrier eut à lutter contre les mêmes difficultés. Enfin, sa persévérance fut récompensée et il put achever complètement en cette station la tâche qu'il avait à accomplir ; on doit féliciter cet officier d'avoir mené à bien son travail dans de pareilles conditions et sans se laisser aller au découragement.

» Les autres brigades rencontraient les mêmes obstacles que celle du nord et leurs chefs faisaient preuve des mêmes qualités. A la Tacunga, M. Maurain ne pouvait observer qu'à de rares intervalles en profitant des éclaircies ; un violent vent d'est, accompagné de rafales de neige, rendait le travail très pénible, arrachait les attaches du toit de la baraque d'observation et enlevait les tentes à plusieurs reprises. M. Lacombe, à la station

de Cahuito, restait plusieurs jours dans le brouillard et la neige sans pouvoir faire aucune observation. Dans toutes les stations d'ailleurs, les éclaircies permettant d'observer étaient très rares. M. Lallemand, qui dirigeait la brigade de reconnaissance et de construction des signaux, avait à opérer dans des terrains très difficiles. Il tomba dans une crevasse au Cotopaxi et resta alité trois semaines.

» Ces circonstances défavorables paraissent avoir un caractère exceptionnel, les reconnaissances ne les faisaient pas prévoir. D'ordinaire la saison des pluies est plus courte, et même dans les mois les plus mauvais, les observations restent quelquefois possibles pendant plusieurs heures de la journée. Faut-il rattacher ces mauvais temps persistants à la recrudescence d'activité volcanique qui s'est manifestée dans toute l'Amérique du Sud après la catastrophe de la Martinique? Les volcans de la Cordillère orientale, qui n'émettent en temps ordinaire qu'un peu de vapeur d'eau, rejetèrent à plusieurs reprises d'épaisses colonnes de fumée; il y eut des coulées de lave dans la chaîne occidentale; de fortes secousses sismiques se produisirent également. Ces manifestations volcaniques ne gênèrent pas directement les travaux de la mission, mais peut-être ne sont-elles pas étrangères aux phénomènes météorologiques qui lui ont été si préjudiciables.

» La seconde cause du retard est la destruction continuelle des mires par les Indiens et même par les blancs. Ces populations ignorantes s'imaginent que ces signaux sont placés là pour marquer l'emplacement d'un trésor, elles ne se bornent pas à abattre les piliers, mais elles fouillent profondément le sol tout autour, détruisant ainsi les repères que l'on s'efforce d'établir pour retrouver au besoin le centre du signal. Les avis du gouvernement, les mandements des évêques, les prédications des curés n'ont pu jusqu'ici empêcher ces destructions. On peut espérer que, grâce aux efforts des autorités équatoriennes et surtout au zèle éclairé de M. le Président de la République, elles deviendront de plus en plus rares. La nécessité de reconstruire les signaux, situés souvent à une forte altitude et dans des pays où les communications sont si difficiles, entraînait toujours de longs retards; mais ce n'est pas tout, il arriva plusieurs fois que le centre du signal détruit n'ayant pu être exactement déterminé, on a dû recommencer toutes les stations d'où ce signal avait été visé. C'est ainsi que la démolition de la mire de Chujuj, située au centre d'un polygone, a obligé de refaire entièrement quatre stations.

» Certains signaux ont été détruits jusqu'à trois fois et presque chaque rapport du capitaine Maurain mentionne une nouvelle destruction. L'un

des plus fâcheux de ces incidents a été la démolition simultanée de la mire astronomique du Panecillo, où se trouvait l'une des stations astronomiques principales, et du signal géodésique de Pambamarca. La station géodésique n'ayant pas encore été exécutée, il a fallu déterminer entièrement à nouveau l'azimut astronomique du côté Panecillo-Pambamarca sur l'horizon de Panecillo, opération primordiale qui avait été terminée en octobre 1901.

» On n'est pas sans inquiétude sur les signaux du côté Zagroun-Lanlanguzo, qui est le côté le plus méridional aujourd'hui mesuré; si ces signaux n'étaient pas respectés pendant le temps que vont encore durer les opérations du nord, on ne pourrait plus partir de ce côté pour continuer la chaîne vers le sud, et il faudrait certainement faire à nouveau plusieurs stations. Plusieurs officiers équatoriens attachés à la mission ont été envoyés de ce côté pour surveiller ces points et attirer sur la conservation des signaux l'attention des autorités politiques locales.

» Malgré toutes ces difficultés, nous avons la satisfaction de constater que les opérations ont été conduites dans des conditions qui nous donnent toute garantie d'exactitude. Nous n'aurons à regretter qu'un retard de quelques mois, d'où résultera sans doute un surcroît de dépenses, mais la valeur scientifique de l'œuvre ne laissera rien à désirer, c'est ce que va nous montrer l'examen détaillé des résultats.

» *Mesure des Bases.* — Nous avons dit, dans notre Rapport précédent, que deux bases ont été mesurées en 1901, une au centre, à Riobamba, mesurée d'abord à la règle bimétallique, et ensuite aux fils Jäderin; l'autre au nord, à El Vinculo, mesurée seulement aux fils Jäderin. Ces opérations ont été exécutées dans la campagne précédente, mais depuis elles ont été réduites, et ce sont les résultats de cette réduction que nous avons à examiner.

» La base fondamentale de Riobamba a été partagée en deux segments, et le segment sud a été mesuré deux fois; si nous comparons les deux résultats en nous servant de l'étalonnage fait à Breteuil en 1901, nous trouvons :

Première mesure	$3359^{\mathrm{M}}, 965\,162^{\mu}, 4$
Deuxième mesure	$3359^{\mathrm{M}}, 958\,520^{\mu}, 9$
Différence	$6641^{\mu}, 5$

soit $\frac{1}{506000}$ de la longueur du segment, ce qui est bien la précision qu'on doit attendre de semblables mesures.

» La valeur adoptée pour la base totale est

$$9380^{\mathrm{M}},758\,868^{\mu},$$

mais ce chiffre pourra être très légèrement modifié à la suite du nouvel étalonnage qui vient d'être fait à Breteuil après le retour de la règle à Paris. Cet étalonnage a donné lieu aux observations suivantes. La règle avait été mesurée à plusieurs reprises pendant les années qui ont précédé le départ, et une dernière fois en 1901. On avait constaté une variation très légère, mais systématique. L'étalonnage du retour n'a pas montré une nouvelle variation dans le même sens; au contraire, la règle était revenue à sa longueur primitive.

» Il y aura lieu de discuter ces différents étalonnages, mais quel que doive être le résultat de cette discussion, le chiffre final n'en sera pas sensiblement affecté, car la différence entre les valeurs extrêmes correspond seulement à une incertitude de 2^{mm} sur la longueur totale de la base.

» La mesure avait été faite, en outre, deux fois encore au moyen de l'appareil Jäderin, et la comparaison présente un grand intérêt, car elle nous permet de nous rendre compte de la précision que l'on peut attendre de la nouvelle méthode qui a été seule appliquée à la base du nord. On s'est servi de deux fils, l'un dit A_2 en métal invar, l'autre dit B_1 en laiton; chaque portée était mesurée d'abord avec le fil A_2, puis avec le fil B_1, et pendant ce temps on prenait la température du thermomètre-fronde aux deux extrémités et au milieu de la portée. Les mesures obtenues avec l'invar et avec le laiton étaient séparément corrigées de la température. On calculait en outre, à titre de contrôle, la longueur de chaque portée, en la déduisant de la comparaison des longueurs mesurées avec l'invar et avec le laiton, et en faisant le calcul comme avec un appareil bimétallique. On n'a pas retenu, d'ailleurs, les nombres obtenus par cette dernière méthode, évidemment beaucoup moins précise, à cause de la faible dilatation de l'acier au nickel. La première méthode a donné :

Par le fil A_2	9380,755 32
Par le fil B_1	9380,741 42

» Les différences avec la mesure à la règle bimétallique ont été

Pour le fil A_2	$-3^{\mathrm{mm}},5$ ou $\frac{1}{3200000}$
Pour le fil B_1	$-17^{\mathrm{mm}},4$ ou $\frac{1}{500000}$

» Le résultat trop faible obtenu avec le fil B_1 semble tenir à ce que le laiton reste constamment au-dessous de la température ambiante; de sorte qu'en se fondant sur le thermomètre-fronde, on fait une correction trop forte.

» Il est évident que la concordance si complète des résultats ne peut être attribuée qu'à un heureux hasard; car si l'on compare les deux mesures faites dans le sens aller et dans le sens retour, tant avec le fil invar qu'avec le fil de laiton, on constate un écart notablement plus grand; c'est seulement la moyenne des deux mesures A_2 ou la moyenne des deux mesures B_1 qui se rapprochent d'une façon aussi extraordinaire de la longueur obtenue par la règle de Brunner.

» Cependant, si nous comparons les longueurs du segment sud obtenues par les deux méthodes, nous constatons la même concordance. La moyenne des deux mesures A_2 ne diffère que de $\frac{1}{300000}$ de la moyenne des deux mesures à la règle, et il semble que ce soit bien là la précision que permet d'atteindre la méthode Jäderin avec le fil invar. Avec le laiton, l'accord est moins bon quoique encore très satisfaisant.

» En résumé, avec la méthode Jäderin, on peut compter sur le $\frac{1}{100000}$ ou le $\frac{1}{200000}$, mais on a beaucoup plus de garanties avec l'acier Guillaume qu'avec le laiton.

» Les fils avaient été étalonnés sur une base de 24^m dans le jardin de don Pedro Lizzarzaburo avant l'opération et ils l'ont été de nouveau après. On a trouvé entre les deux étalonnages une différence de $\frac{1}{50000}$ environ, et diverses raisons portent à penser que l'une des bornes a dû recevoir un choc dans l'intervalle des deux mesures; les chiffres que nous venons de rapporter ont donc été déduits du premier étalonnage seul. Ce qui doit nous préoccuper, c'est que, pour la mesure de la base d'El Vinculo, on a dû se servir d'un étalonnage nouveau pris sur cette base suspecte; les étalonnages anciens n'ont pu servir, l'un des fils ayant subi un accident pendant les opérations. Il est donc important de s'assurer de la réalité de ce déplacement de la borne, bien que la base d'El Vinculo n'étant qu'une base de vérification, et ne devant pas intervenir dans les compensations, la précision de $\frac{1}{50000}$ puisse sembler très suffisante.

» Les fils Jäderin qui ont servi à l'Équateur ont d'ailleurs été ramenés au pavillon de Breteuil où ils seront examinés de nouveau.

» Une troisième base doit être mesurée à Payta dans la partie sud de l'arc, vers la fin des opérations. Comme l'emplacement choisi est sur une plage de sable au bord de la mer, l'emploi de la règle bimétallique semble

tout indiqué; il serait donc à désirer que cet instrument pût être renvoyé à l'Équateur, dès que seront terminés son réétalonnage et sa comparaison avec la règle égyptienne qui se font maintenant à Breteuil (¹). Les frais de transport seraient en tout cas tout à fait minimes. L'opération serait complétée par une mesure Jäderin, en emportant non plus deux fils de métaux différents, mais deux ou plusieurs fils en acier invar dont l'expérience a démontré la supériorité. Il serait à désirer que l'on emploie des appareils munis des derniers perfectionnements et que, par exemple, les réglettes de laiton soient remplacées par des réglettes en invar et les dynamomètres par des poids. Nous saurons ainsi définitivement à quoi nous en tenir sur l'exactitude de la nouvelle méthode, depuis les plus récents progrès qu'on a réalisés.

» *Observations astronomiques principales et secondaires.* — Cette partie du programme a pu être entièrement remplie. La latitude de Tulcan (station principale) a été terminée dès le milieu de février; la différence de longitude Quito-Tulcan a demandé plus de temps à cause du mauvais état du ciel, les soirées d'échanges de signaux télégraphiques comprennent deux soirées complètes à quatre positions communes aux deux stations, deux demi-soirées communes, plus cinq soirées comportant deux positions à une station et une seule à la station conjuguée. Le calcul de ces observations de longitude n'est pas encore terminé, mais les résultats paraissent satisfaisants.

» L'échange des observateurs n'étant pas possible, MM. Maurain et Perrier avaient déterminé leurs équations personnelles à Quito et les détermineront encore quand ils s'y rencontreront de nouveau.

» Les résultats des mesures de latitudes principales sont les suivants, tous calculs faits :

Payta	$-5°.5'.8'',6$
Riobamba	$-1.40.0,9$
Panecillo	$-0.13.51,1$
Tulcan	$+0.48.25,6$
Amplitude totale de l'arc	$5.53.34,2$
Amplitude du tronçon nord	$2.28.26,5$

» Le tronçon nord comportait deux stations astronomiques secondaires

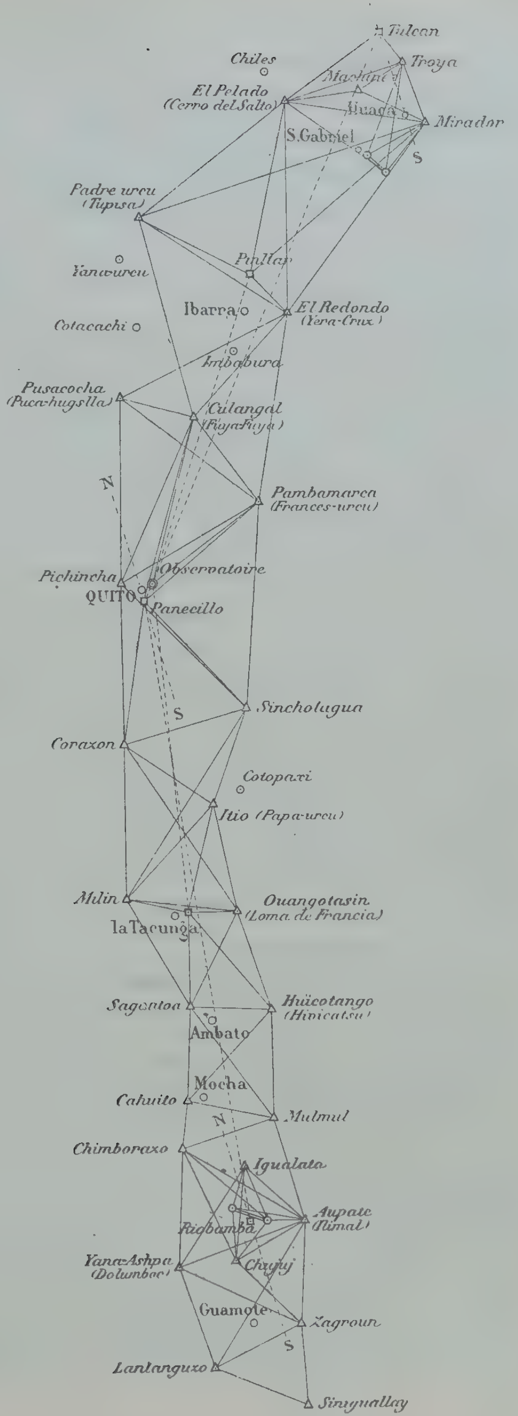
(¹) On pourrait aussi remplacer cette règle bimétallique par la nouvelle règle en acier au nickel récemment construite, si les essais faits avec cet appareil donnaient toute satisfaction.

ARC MÉRIDIEN DE QUITO

Partie Nord de la Triangulation

Signes conventionnels

Côté de la Triangulation
Base géodésique
Différence de Longitude
Azimut
Sommet géodésique
Station astronomique
Observatoire de Quito
Localités importantes
Sommets de montagnes



à la Tacunga et à Ibarra. M. le Capitaine Maurain décida de déterminer d'abord la différence de longitude de la station principale du Panecillo à l'observatoire de Quito, ce qui avait l'avantage de permettre de profiter de l'installation de cet observatoire et de la présence continuelle de M. Gonnessiat pour la détermination de la longitude des stations secondaires. A cet effet, M. Maurain détermina, avant le départ, sa différence d'équation personnelle avec M. Gonnessiat et observa ensuite la différence de longitude entre Quito et les deux stations secondaires, en trois soirées et en se servant d'un seul chronographe installé à Quito et sur lequel s'enregistraient les observations des deux opérateurs. Les communications télégraphiques pouvaient se faire sans relai.

» La latitude de la Tacunga fut déterminée en quatre soirées au cercle méridien; la moyenne générale provisoire est — $0^\circ 56' 0'',97$. Les résultats de l'observation de la latitude d'Ibarra ne sont pas encore réduits.

» *Opérations géodésiques.* — Les opérations astronomiques ont donc pu être terminées dans le délai prévu et le retard a porté exclusivement sur les opérations géodésiques proprement dites.

» Le tronçon nord, depuis le côté Zagroun-Lanlanguzo, comportait 30 stations entre les termes des deux bases; sur ces 30 stations, 6 ou 7 restent à faire. La brigade du nord a terminé le polygone qui entoure la base d'El Vinculo, sauf la station centrale de Machines; la brigade du sud, partie du côté Zagroun-Lanlanguzo au sud de Riobamba, a atteint le côté Pichincha-Pambamarca, au nord de Quito. Malheureusement on peut craindre, à cause des conditions climatériques, que quelques-unes des stations restantes ne donnent lieu à des difficultés analogues à celles que l'on a déjà rencontrées.

» Les angles azimutaux mesurés dans ces stations donnent une compensation très satisfaisante, l'erreur moyenne de fermeture des triangles déjà calculés est d'une seconde sexagésimale environ.

» *Distances zénithales.* — On sait qu'il n'a pas été possible, en général, de mesurer les distances zénithales réciproques et simultanées; mais on a obtenu partout les distances réciproques. Un premier examen de ces distances montre qu'elles sont bien concordantes, les réfractions semblent convenablement constantes, ce que la tranquillité des images permettait déjà de préjuger. De plus cela a été confirmé par des mesures rigoureusement simultanées faites par M. Maurain à Pambamarca et par M. Gonnessiat au Panecillo. Dans ces conditions, il est permis de compter sur un bon nivellement géodésique.

» *Latitudes de troisième ordre.* — L'attention des officiers de la mission avait déjà été attirée sur la nécessité de procéder aussi souvent que possible à des déterminations de latitude. Mais le théodolite à microscopes ne paraissait pas pouvoir être utilisé et d'autre part le cercle méridien était d'un transport difficile. Depuis un progrès considérable a été accompli et la mission a reçu des accessoires qui permettent l'emploi du théodolite à microscopes pour les mesures de latitude.

» Le capitaine Maurain, aussitôt après avoir observé au cercle méridien la latitude secondaire de la Tacunga, s'occupa de déterminer au théodolite une latitude de comparaison, afin de savoir quelle précision on peut attendre de cet instrument; les résultats lui ont paru suffisants pour qu'on puisse l'employer aux opérations en Cordillère; on peut compter sur la seconde ronde. C'est d'ailleurs ce que confirme la discussion des observations ultérieures; il y a toujours une différence systématique entre les étoiles nord et les étoiles sud, mais les écarts entre plusieurs soirées consécutives sont toujours très faibles.

» D'autre part, la mission va recevoir deux appareils Claude-Driencourt; cet appareil, qui a été décrit dans le *Bulletin astronomique*, tome XVII, comporte une plus grande précision et est très portatif; il pourra être utilisé dans les stations géodésiques qui restent à faire ou encore dans les localités où l'on devra se rendre pour les mesures du pendule.

» Un grand nombre d'observations de latitude du troisième ordre ont pu être faites au théodolite, une station au sud de Riobamba, une dans la région de Riobamba, deux autour de la Tacunga, trois autour de Quito (Pambamarca, Pichincha, Corazon), quatre autour de la base du nord.

» *Pendule.* — Cette partie du travail n'a pas fait de progrès; la station de Riobamba est réduite, il ne manque plus que la détermination définitive de la marche de l'horloge sidérale. Mais aucune mesure nouvelle n'a été faite. On hésite encore au sujet de l'instrument à adopter dans les stations secondaires. Le pendule Sterneck ne paraît pas présenter d'aussi grands avantages qu'on l'avait cru d'abord; M. Maurain avait songé à l'emploi de la nouvelle méthode thermo-barométrique qui a été employée sur l'Atlantique, mais il y a renoncé avec juste raison, car elle ne pourrait donner une précision suffisante. Toutefois le chef de la mission ne perd pas de vue cette importante question et nous pouvons être assurés qu'elle ne sera pas négligée.

« Les officiers qui sont actuellement à l'Équateur ne sont pas habitués

aux mesures pendulaires; elles ne pourront donc être reprises qu'après le retour de M. le Commandant Bourgeois. Il est donc à désirer que ce retour ne se fasse pas longtemps attendre.

» *Nivellement de précision.* — L'achèvement des travaux du chemin de fer jusqu'au plateau interandin va permettre de commencer le nivellement de précision entre la base de Riobamba et Guayaquil; les communications sont maintenant beaucoup plus faciles qu'au début des observations.

» *Travaux topographiques.* — Les officiers de la mission, grâce aux trop fréquents loisirs que leur laissent les brumes, ont levé au phototachéomètre, non seulement des tours d'horizon autour de chaque station, mais une carte au $\frac{1}{500000}$ de la région interandine. Une minute des environs de Tulcan, levée au $\frac{1}{100000}$ par le lieutenant Perrier et le Dr Rivet, a été tirée au Service géographique comme spécimen et envoyée à M. le Président de la République de l'Équateur.

» *Observations magnétiques.* — Des observations magnétiques ont été faites dans la plupart des stations; elles n'ont pas encore été réduites.

» *Sciences naturelles.* — M. le médecin aide-major Rivet a continué ses études relatives aux Sciences naturelles, il a fait de nombreux envois au Muséum et il a entrepris une étude anthropologique sur les races indiennes de la région interandine. Je profite de l'occasion pour rappeler que M. le Dr Rivet a pris une part active aux opérations géodésiques proprement dites et qu'il a été d'un grand secours à M. Perrier dans les stations difficiles où cet officier a observé.

» *Programme de* 1903. — M. le Commandant Bourgeois propose de consacrer l'année 1903 :

» 1° A l'achèvement des opérations du tronçon nord;

» 2° Aux observations géodésiques du tronçon sud ou tout au moins de la section Riobamba-Cuença, comprenant, outre les observations azimutales, la détermination de la latitude à la seconde ronde, à chaque station, si possible;

» 3° A la latitude secondaire de Cuença et la différence de longitude Cuença-Riobamba (ou Cuença-Quito, si l'on peut avoir entre ces deux stations une communication télégraphique sans relai);

» 4° Aux observations magnétiques, etc., dans les conditions générales prévues;

» 5° Au commencement du nivellement de précision;

» Il resterait, pour les années suivantes, la géodésie du tronçon Cuença-

Payta, la mesure de la base de Payta, les observations pendulaires, et le *rattachement, si possible, par des observations géodésiques de l'île de Puna à la chaîne méridienne, avec une station astronomique complète à Puna.*

» Ce programme nous paraît devoir être approuvé.

» *Conclusions.* — Il résulte de cet exposé que les officiers de la Mission, malgré les conditions difficiles où ils se sont trouvés placés, n'ont rien sacrifié de la précision scientifique la plus rigoureuse, et qu'ils ont accompli une œuvre de très haute valeur. Les longues journées d'attente dans la neige et le brouillard n'ont pas amené un instant de découragement, et le zèle, la constance et le dévouement des officiers et de tout le personnel ne se sont jamais démentis. Il y a lieu de féliciter ces vaillants pionniers de la Science de leur courage et des résultats obtenus.

» Nous insisterons une fois de plus sur l'importance des opérations pendulaires et nous devons remarquer que, dans une mission de cette importance, ces observations ne peuvent être confiées qu'à des officiers qui s'y sont rompus par une longue pratique. Ce n'est pas dans les conditions difficiles où nos missionnaires se trouvent placés et quand leur attention est distraite par d'autres soins de toutes sortes qu'ils peuvent faire un apprentissage aussi délicat. Aussi nous considérons comme capital, au point de vue du succès définitif, que M. le Commandant Bourgeois retourne en Équateur dans un délai aussi court que possible. Les autres opérations ne pourront d'ailleurs que gagner à la présence du Chef de la mission. »

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Principaux résultats de la mission de la Martinique,* par M. A. Lacroix.

« Après un séjour prolongé à la Martinique, durant lequel il m'a été permis de suivre pas à pas le développement de l'éruption en cours, je demande à l'Académie la permission de lui présenter un résumé succinct des principales données scientifiques acquises ainsi. Elles se rapportent à deux ordres de faits importants, sur lesquels elles jettent une lumière nouvelle. Les premiers sont relatifs à la constitution et au mode de formation d'une catégorie spéciale d'appareils volcaniques; les autres se rattachent aux phénomènes produits sous l'influence des agents volatils.

» Les appareils extérieurs résultant de l'action des éruptions volcaniques

peuvent être classés en trois groupes principaux, souvent mal délimités. Il faut distinguer en effet :

» 1° Les cônes à cratères, constitués par une série de couches de matières projetées, emboîtées les unes dans les autres, offrant parfois une double pente à l'intérieur et à l'extérieur et fréquemment consolidées par des filons ou des coulées de lave. C'est le type le plus répandu dans les régions volcaniques à laves basiques; il correspond à une série plus ou moins prolongée d'explosions répétées, de médiocre intensité.

» 2° Les cavités abruptes, environnées d'une sorte de rempart conique, les *caldeiras*, désignées autrefois sous le nom de *cratères de soulèvement*, par suite d'idées théoriques aujourd'hui abandonnées. Ces caldeiras, généralement de très grande dimension, sont le résultat immédiat d'une explosion exceptionnellement violente, accompagnée d'effondrement. Les parois intérieures des caldeiras sont à peu près verticales; elles montrent en coupe la tranche nette des roches volcaniques ou sédimentaires de l'ancien sol, découpé comme à l'emporte-pièce. A l'extérieur, la bordure des caldeiras est formée par un revêtement conique, constitué par l'accumulation des matériaux projetés (fragments de vieux sol et laves de formation contemporaine de l'explosion).

» Les caldeiras sont fréquentes surtout dans les éruptions de laves acides, mais peuvent aussi s'observer dans d'autres cas.

» 3° Un troisième type, beaucoup moins connu que les précédents, est celui que réalise l'éruption actuelle de la montagne Pelée. Il est constitué par l'accumulation d'un amas de lave sur l'orifice de sortie de la bouche souterraine du volcan. Il se produit dans les éruptions de laves acides (¹) (trachytes, andésites, rhyolites). L'intérieur de l'amas est rempli de lave en fusion; celle-ci à cause de sa faible fusibilité y est très visqueuse. Sa surface est revêtue de blocs qui s'éboulent au fur et à mesure de leur solidification et qui lui constituent ainsi une sorte de carapace pierreuse. Il faut rapporter à ce type les *dômes* des volcans éteints, et en particulier ceux des trachytes de la chaîne de Puys.

» L'éruption de Santorin en 1866 a fourni pour la première fois aux observateurs l'occasion d'assister à l'édification d'un appareil de ce genre, auquel a été donné le nom de *cumulo-volcan;* mais le Georgios, en 1866,

(¹) Il y aurait peut-être lieu de distinguer une autre catégorie, comprenant des sortes de cônes très surbaissés produits par des laves basiques très fluides émises sans violent dégagement gazeux : tel est le cas des volcans basaltiques des îles Sandwich.

s'étant rapidement transformé en volcan à cratère, l'on ignorait à peu près complètement la façon dont s'opérait l'évolution de cette sorte d'appareil volcanique et son mode de fonctionnement. On ignorait surtout l'origine des formes bizarres que peut affecter leur surface et dont Stübel a figuré de si beaux exemples réalisés par les volcans éteints de l'Équateur.

» Mes observations à la montagne Pelée fournissent une réponse à ces intéressantes questions. Elles montrent, dans ce cas particulier, que les laves et les produits volatils, bien qu'émanés de la même source, ont fonctionné presque entièrement d'une façon indépendante, malgré les effets grandioses développés par les unes et les autres.

» Dans les premiers jours de l'éruption de la Martinique, il s'est édifié dans l'ancien cratère (Étang-Sec) un amas de laves, dont nous n'avions pu discerner la signification exacte lors de notre premier voyage, par suite du brouillard. Les géologues américains, MM. Heilprin et Hovey, qui, plus heureux que nous, avaient pu entrevoir ce sommet, l'ont décrit comme constitué par un cône de débris. J'ai pu démontrer, dès mon arrivée au mois d'octobre [1], qu'en réalité cet amas est constitué non par des débris, mais par de la lave compacte et continue. Depuis lors, j'a suivi jour par jour les progrès de l'évolution de ce dôme en voie de formation, la production des aiguilles qui hérissent sa surface et surtout cette sorte de dent qui s'est formée à son sommet et domine aujourd'hui la crête de la montagne de plus de 300^{m}. Nous avons mesuré, toutes les fois que cela a été possible, les parties intéressantes de ce dôme; j'ai réuni un très grand nombre de photographies ou de dessins, montrant tous les stades de son ascension, qui était parfois de plus de 10^{m} par 24 heures; elle était souvent d'ailleurs compensée en partie par des éboulements.

» Le dôme s'accroît par apport de matière fondue venant de la profondeur, mais à l'aide de deux processus différents. Il y a d'abord afflux de lave visqueuse dans les fissures du cône, elle est visible la nuit grâce à son incandescence; il y a en outre soulèvement lent de toute la masse ou d'une partie de celle-ci seulement. La dent terminale, vue des bords du cratère, ne se présente plus avec la forme d'un obélisque aigu, comme lorsqu'on l'examine de la mer; elle est en réalité recourbée vers le sud-ouest, limitée du côté du nord, de l'est et du sud-est par une surface cylindrique, polie et striée verticalement par frottement. Son côté sud-ouest seul ne suit pas régulièrement le mouvement d'ascension des autres côtés, aussi s'écrase-t-il

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 672, 771, 992.

continuellement, en même temps que la courbure de la dent s'accentue; cela explique la structure de la partie sud-ouest, qui est ruiniforme, les éboulements qui s'y produisent sans trêve et la limite voisine de 1550^m que le sommet a atteint à plusieurs reprises, sans pouvoir la dépasser beaucoup (1568^m, le 13 mars).

» A Santorin, les matériaux incohérents produits par l'écroulement de l'amas en voie de formation cachaient celui-ci aux yeux des observateurs, l'ensemble méritait donc bien le nom de cumulo-volcan qui lui a été donné; mais, à la Martinique, grâce à la position topographique de l'amas, situé au sommet de la montagne, la plus grande partie des débris se formant chaque jour, roulent en bas des pentes très raides, soit dans la vallée de la rivière Blanche, soit dans la rainure du cratère et la roche massive est presque partout à nu.

» En résumé, il s'agit ici de la production d'un *dôme*, surmonté d'une aiguille de plus de 300^m de hauteur. Je l'ai vue surgir peu à peu, de manière à atteindre les bords du cratère, puis à donner à la Montagne Pelée une hauteur supérieure à celle de tous les volcans des Antilles, et cela, sans qu'aucun produit de projection ait contribué à son édification.

» Cette observation offre d'autant plus d'intérêt que le nouveau dôme s'est élevé au milieu d'une ancienne caldeira; peu à peu, il en comble la cavité, il s'est déjà soudé à sa paroi occidentale. On voit donc là l'exemple bien curieux de deux types volcaniques très différents d'âge et de mode de formation, greffés l'un sur l'autre et qui arriveront peut-être à se confondre, si la rainure du cratère vient à se combler complètement.

» La deuxième question sur laquelle l'éruption de la Martinique fournit des documents nouveaux est celle des *nuées ardentes*. On savait depuis longtemps que dans les éruptions anciennes de quelques volcans il s'était produit des nuages denses, à haute température qui, en rasant le sol, avaient étendu au loin leurs ravages, brûlant et asphyxiant les êtres vivants, détruisant la végétation sur leur passage [on peut citer, en particulier, les éruptions de San Jorge (Açores) en 1580 et en 1808]. On n'avait aucun renseignement positif sur leur nature et sur les actions mécaniques exercées par eux. Du reste, les récits auxquels ces phénomènes terrifiants avaient donné naissance, amplifiés encore par l'imagination populaire, laissaient planer les doutes les plus justifiés sur leurs caractères et sur leurs causes, et faisaient même suspecter leur réalité; la plupart des traités de Géologie sont muets sur leur compte.

» La production de nuées ardentes est l'un des traits essentiels de l'érup-

tion actuelle de la montagne Pelée : les nombreuses éruptions de ce genre que j'ai observées de près, d'octobre à février (¹), m'ont permis de constater qu'elles sont produites par une projection dans une direction plongeante de gaz et de vapeurs, entraînant une énorme quantité de cendres et de blocs de l'andésite de formation actuelle ; elles partent actuellement de la base sud-ouest de la dent terminale du dôme, dont elles entraînent presque toujours une portion.

» Au cours des éruptions auxquelles nous avons assisté cet hiver, le trajet de ces nuages denses est resté constamment limité à la vallée de la rivière Blanche ; il est facile de démontrer qu'un phénomène du même genre s'est également produit dans les grandes éruptions (²) du 8 et du 20 mai, du 9 juillet et du 30 août, mais la nuée s'est alors étendue sur une surface beaucoup plus grande et s'est dirigée en partie sur la malheureuse ville de Saint-Pierre, déterminant d'abord, parachevant ensuite sa destruction.

» Le 30 août, les nuées ardentes ont même roulé sur toutes les pentes extérieures du cratère, comme cela a eu lieu dans les éruptions destructives de Saint-Vincent, étendant leurs ravages sur le Morne Rouge et l'Ajoupa Bouillon, bien que leur maximum d'action se soit encore produit vers le Sud-Ouest. Toutes ces grandes éruptions ont été, en outre, accompagnées de ces violentes projections verticales de cendres, de lapillis et de bombes, caractéristiques des types normaux d'éruptions volcaniques. Ces projections verticales, qui ont fait beaucoup de bruit et jeté la terreur dans l'île, n'ont cependant causé que de minimes dommages ; elles ont manqué aux éruptions de cet hiver : ce sont les nuées ardentes qui seules ont été destructives.

» Désormais, les principaux traits des nuées ardentes sont fixés et scientifiquement établis ; il est impossible, et il le sera peut-être toujours, de prévoir leur retour au cours d'une éruption ; mais, leurs allures étant connues, il est possible de se mettre en garde contre les dangers terribles auxquels elles exposent.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 216.

(²) L'éruption du 6 juin a été caractérisée par une nuée ardente s'écoulant seulement dans la vallée de la rivière Blanche ; elle a été accompagnée de projections verticales : la description de l'éruption du 9 juillet donnée par MM. Anderson et Flett, et l'examen que nous avons fait de ses produits ne laissent aucun doute sur l'identité complète de la nuée ardente de cette éruption et de celles de cet hiver.

» C'est dans ce but que j'ai conseillé de maintenir évacuées pendant longtemps encore toutes les pentes de la montagne Pelée, même à grande distance du cratère. »

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Volume portant pour titre « Niels Henrik Abel; Mémorial publié à l'occasion du centenaire de sa naissance »;

2° Le quatrième Volume de l' « Ampélographie, publiée sous la direction de MM. *P. Viala* et *V. Vermorel* ». (Présenté par M. Guignard);

3° Divers Ouvrages, se rapportant surtout à l'Anthropologie, adressés de Francfort-sur-le-Mein, par M. *B. Hagen*.

M. **R. de Forcrand**, élu Correspondant, adresse ses remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété remarquable de plusieurs développements, souvent employés dans l'Analyse*. Note de M. **W. Stekloff**, présentée par M. Émile Picard.

« Parmi les fonctions (d'une seule, de deux ou de trois variables indépendantes x, y, z), que nous désignerons, en général, par

$$V_1, V_2, V_3, \ldots, V_k, \ldots,$$

celles qui satisfont aux conditions

$$(1) \qquad \int \varphi V_n V_m \, de = 0, \qquad \text{si} \qquad n \neq m,$$

sont le plus souvent employées pour le développement d'une fonction arbitraire f en séries infinies.

» Je désigne, dans l'intégrale de l'équation (1), par de l'élément infiniment petit d'un domaine quelconque [1], auquel s'étend cette intégrale,

---

[1] C'est-à-dire l'élément dx d'un intervalle quelconque (a, b), ou l'élément superficiel ds d'une surface donnée (S), ou l'élément $d\tau$ de volume du domaine, limité par (S), selon qu'il s'agit des fonctions d'une ou de plusieurs variables indépendantes.

par φ une fonction donnée, positive et ne s'annulant pas dans le domaine considéré.

» Rappelons, par exemple, dans le cas d'une seule variable :

» 1° Fonctions trigonométriques $\sin kx$, $\cos kx$ $(a=0, b=2\pi)$; 2° fonctions de Bessel ou les fonctions $(a=0, b=1)$

$$P_{\mu,k}(x) = P_\mu(\lambda_k x) \qquad (k=1, 2, \ldots),$$

où $P_\mu(x)$ est une fonction vérifiant l'équation différentielle

$$xP''_\mu + (2\mu+1)P'_\mu + xP_\mu = 0,$$

μ étant une constante, λ_k désignant les racines positives d'une des équations

$$P_\mu(x) = 0, \qquad P'_\mu(x) = 0, \qquad xP'_\mu(x) - hP_\mu = 0,$$

h étant une constante, différente de zéro; 3° fonctions de Lamé; 4° polynomes de Tchébicheff et, en particulier, polynomes de Jacobi et les fonctions de Legendre; 5° fonctions V_k, définies par les conditions

$$\begin{aligned} &V''_k + (\lambda_k p - q)V_k = 0, \qquad a < x < b \qquad (b > a),\\ &V'_k - hV_k = 0 \qquad \text{pour} \qquad x = a,\\ &V'_k + HV_k = 0 \qquad \text{pour} \qquad x = b\ (^1),\end{aligned}$$

où p et q désignent les fonctions de x, positives dans l'intervalle (a, b), h et H deux constantes positives données, λ_k une constante positive bien déterminée.

» Dans le cas de deux ou trois variables nous signalons :

» 1° Fonctions sphériques; 2° produits de Lamé; 3° fonctions fondamentales dont j'ai démontré l'existence dans ma Note du 27 mars 1899 (*Comptes rendus;* voir aussi *Les méthodes générales*, etc. Kharkow, 1901); 4° fonctions fondamentales de M. H. Poincaré (*Acta mathemat.*, t. XX); 5° fonctions fondamentales de M. Ed. Le Roy (*Annales de l'École Normale*, 1897-1898); 6° fonctions, définies par les conditions

$$\begin{aligned} &\Delta V_k + \lambda_k V_k = 0 \quad \text{à l'intérieur d'une surface donnée (S)},\\ &\frac{\partial V_{ki}}{\partial n} + hV_k = 0 \quad \text{sur (S)}\ (^2),\end{aligned}$$

---

(1) Voir mon Mémoire : *Problème de refroidissement d'une barre hétérogène* (*Annales de Toulouse*, 1901).

(2) Je me permets de ne pas expliquer les notations usuelles.

se réduisant aux fonctions harmoniques de M. H. Poincaré dans le cas limite de $h = \infty$; 7° fonctions universelles de M. A. Korn (*Comptes rendus*, 5 janvier 1903), et ainsi de suite.

» Toutes les fonctions indiquées satisfont aux conditions (1); nous entendrons maintenant par $V_k (k = 1, 2, 3, \ldots)$, une suite quelconque de fonctions tout à l'heure mentionnées ou, plus généralement, une suite quelconque, analogue à celle-ci.

» Soit maintenant f une fonction quelconque. Si cette fonction se développe en série procédant suivant les fonctions V_k, on aura

$$(2) \qquad f = \sum_{k=1}^{\infty} A_k V_k, \qquad A_k = \int \varphi f V_k de \text{ (1)},$$

et, si cette série converge uniformément,

$$\int \varphi f^2 \, de = \sum_{k=1}^{\infty} A_k^2.$$

» Soit maintenant f une fonction qui n'est que *bornée* et *intégrable* dans un domaine quelconque. Dans ce cas la série (2) n'a, en général, aucun sens, mais je puis énoncer ce théorème remarquable, susceptible de nombreuses applications importantes :

Théorème. — *Quelle que soit la fonction f* bornée *et* intégrable *dans un domaine quelconque, quelle que soit une autre fonction ψ,* intégrable *dans ce domaine, on aura toujours*

$$\int \varphi f \psi \, de = \sum_{k=1}^{\infty} A_k B_k, \qquad B_k = \int \varphi \psi V_k \, de,$$

comme si les séries $\sum_{k=1}^{\infty} A_k V_k$, $\sum_{k=1}^{\infty} B_k V_k$, divergentes en réalité, étaient non seulement convergentes, mais encore uniformément convergentes.

» Ici je ne puis qu'énoncer ce théorème, dont la démonstration détaillée fera l'objet d'un travail particulier. »

---

(1) Nous supposons, pour plus de simplicité, que $\int \varphi V_k^2 \, de = 1$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une nouvelle transformation des surfaces à courbure totale constante*. Note de M. C. GUICHARD.

« On sait que, dans la recherche des surfaces à courbure totale constante, la principale difficulté réside dans l'intégration de l'équation

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial u\, \partial v} = \sin\theta. \tag{1}$$

Si l'on connaît une solution de cette équation, on peut en déduire une infinité d'autres par la transformation Bianchi-Bäcklund. La transformation que je vais exposer est bien distincte de celle-là, car on prend comme point de départ *deux solutions quelconques* de l'équation (1).

» Si l'on considère les équations simultanées

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial u\, \partial v} &= \sin\varphi \cos\psi, \\ \frac{\partial^2 \psi}{\partial u\, \partial v} &= \sin\psi \cos\varphi, \end{aligned}\right. \tag{2}$$

on voit tout de suite que $\varphi + \psi$ et que $\varphi - \psi$ sont des solutions de (1), et que, inversement, si l'on a deux solutions du système (1) on en déduit une solution du système (2).

» Soit φ et ψ une solution du système (2); déterminons x et y par les équations

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial u} &= -\frac{\partial \psi}{\partial u} + m \sin(\varphi + x), \\ \frac{\partial x}{\partial v} &= -\frac{\partial \varphi}{\partial v} + \frac{1}{m} \sin(\psi + x), \end{aligned}\right. \tag{3}$$

$$\left\{\begin{aligned} \frac{\partial y}{\partial u} &= \frac{\partial \psi}{\partial u} - m \sin(\varphi + y), \\ \frac{\partial y}{\partial v} &= -\frac{\partial \varphi}{\partial v} + \frac{1}{m} \sin(\psi - y), \end{aligned}\right. \tag{4}$$

où m est une constante arbitraire; les deux valeurs de $\frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v}$ déduites des équations (3) étant égales, le système (3) admet une solution renfermant une constante arbitraire. Si l'on prend comme inconnue $\operatorname{tang} \frac{x}{2}$, les équations (3) deviennent des équations de Riccati et, par conséquent, si l'on

connaît une solution particulière des équations (3) on peut en déduire toutes les autres à l'aide de quadratures. Il y a lieu de faire les mêmes remarques sur les équations (4) qui déterminent y.

» Cela posé, on déduit facilement de (3) et (4) :

$$2\frac{\partial^2 x}{\partial u\,\partial v} = \sin(\varphi+\psi+2x) - \sin(\varphi+\psi),$$

$$2\frac{\partial^2 y}{\partial u\,\partial v} = \sin(\varphi-\psi+2y) - \sin(\varphi-\psi).$$

Il en résulte que $\varphi+\psi+2x$ et $\varphi-\psi+2y$ sont de nouvelles solutions de l'équation (1). Ainsi donc, d'un couple de solutions de l'équation (1) on peut déduire une infinité d'autres couples.

» Si l'on prend comme point de départ ce nouveau couple de solutions $\varphi+\psi+2x$ et $\varphi-\psi+2y$, cela revient à remplacer φ et ψ par φ_1 et ψ_1, en posant

$$\varphi_1 = \varphi + x + y, \qquad \psi_1 = \psi + x - y.$$

On sera amené, pour continuer la transformation, à résoudre les systèmes

$$(3') \quad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial x_1}{\partial u} &= -\frac{\partial \psi_1}{\partial u} + m\sin(\varphi_1 + x_1),\\ \frac{\partial x_1}{\partial v} &= -\frac{\partial \varphi_1}{\partial v} + \frac{1}{m}\sin(\psi_1 + x_1),\end{aligned}\right.$$

$$(4') \quad \left\{\begin{aligned} \frac{\partial y_1}{\partial u} &= \frac{\partial \psi_1}{\partial u} - m\sin(\varphi_1 + y_1),\\ \frac{\partial y_1}{\partial v} &= -\frac{\partial \varphi_1}{\partial v} + \frac{1}{m}\sin(\psi_1 - y_1).\end{aligned}\right.$$

On vérifie facilement que ces systèmes admettent la solution particulière $x_1 = -x$, $y_1 = -y$ et, par conséquent, on pourra résoudre ces équations à l'aide de quadratures. Donc :

» *Si l'on connaît une solution particulière de chacun des systèmes* (3) *et* (4), *on pourra poursuivre la transformation en effectuant seulement des quadratures.* »

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Une propriété des orbites fermées correspondant à des forces centrales.* Note de M. LAISANT, présentée par M. Appell.

« Il y a déjà de longues années, j'ai publié (*Nouvelles Annales de Mathématiques,* 1877, p. 407) une Note où, par une méthode absolument élé-

mentaire, j'arrivais à déterminer le centre de gravité de l'orbite d'une planète, en supposant la densité proportionnelle en chaque point à l'inverse de la vitesse; matériellement, cela peut se figurer en supposant que la planète dans sa course abandonne *uniformément* une certaine quantité de matière qui se *fige* sur la trajectoire et forme ainsi un fil sans fin, une fois la révolution accomplie (¹). Le centre de gravité dont il s'agit est situé au milieu G du segment compris entre le centre de l'orbite et le second foyer de celle-ci (j'entends par là le foyer qui n'est pas occupé par le Soleil).

» En examinant à nouveau ce résultat, j'ai reconnu qu'il n'est pas particulier à l'attraction newtonienne, ni à une orbite elliptique, mais qu'il s'étend, au contraire, à une orbite fermée quelconque (C) décrite sous l'action d'une force centrale. Je me borne à donner ici l'énoncé, la démonstration étant tout à fait simple, et résultant immédiatement de la Note précitée des *Nouvelles Annales*, ayant pour titre : *Sur le centre de gravité d'un polygone :*

» *Soient* (C) *la trajectoire fermée décrite par un point matériel sous l'action d'une force centrale;* S *le centre des forces;* O *le centre de gravité de l'aire de la courbe plane* (C); G *le centre de gravité de la ligne* (C), *en supposant que la densité soit en chaque point proportionnelle à l'inverse de la vitesse, on a* $SG = \frac{3}{2} SO$, *les trois points* S, O, G *étant en ligne droite.* »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une forme de la relation* $\varphi(p, v, t) = 0$ *relative aux fluides*. Note de M. **Honoré Moulin**, présentée par M. E.-H. Amagat.

« La formule de Van der Waals

$$p = \frac{RT}{v - \alpha} - \frac{k}{v^2} \tag{1}$$

a été souvent modifiée par les physiciens; les modifications ont, dans la plupart des cas, porté sur le dernier terme.

» Les faits expérimentaux peuvent être interprétés en admettant qu'aux pressions élevées, alors que le volume devient très petit, la tension des gaz

(¹) Voir le Mémoire de Gauss, *Determinatio attractionis*, etc. (*Œuvres complètes*, t. III, p. 333).

ne dépend plus que de l'action cinétique des molécules, l'effet de l'attraction tendant à disparaître devant cette action.

» Dans la formule de Van der Waals, au contraire, quand v diminue ce serait le second terme du second membre, exprimant cette attraction, qui tendrait à devenir prépondérant. L'artifice de calcul qui consiste à ajouter un terme constant à l'expression du volume dans le dénominateur, s'il permet de retrouver à la limite la formule des explosifs

$$(2) \qquad pv = \frac{RT}{v - \alpha},$$

ne modifie pas le sens vers lequel tend chaque terme; ce n'est donc plus qu'un artifice susceptible de rendre la théorie discutable, plutôt que de lui apporter une consécration; il convient donc, je crois, que la puissance sous laquelle entre le volume au dénominateur du second terme soit d'ordre inférieur à celui où elle entre au premier.

» Ces considérations, appliquées à la formule que j'ai donnée dans un Mémoire dont l'extrait a paru aux *Comptes rendus* (t. CXXX, 1900, p. 1454), m'ont amené à modifier cette formule en en conservant l'esprit et à écrire

$$(3) \qquad p = \frac{a}{\omega^3} - \frac{b_1 \omega^2}{v^{\frac{2}{3}} \omega^2} + \frac{a_1}{v^{\frac{1}{3}} \omega}.$$

» Dans cette formule, ω^3 représente le rapport du covolume $(v - \alpha)$ au volume v; $a = RT$; b_1 est un nombre et $a_1 = R'T$, R' étant aussi un nombre.

» Comme conséquences immédiates de cette équation, qui fournit bien quand T varie les isothermes des diagrammes d'Andrews et de M. Amagat, j'indiquerai les suivantes :

» 1° Quand v est suffisamment petit, on retrouve bien la formule des explosifs (2).

» 2° L'équation conduit à la loi des états correspondants, puisqu'elle contient trois coefficients pour trois variables p, v, t.

» 3° La correction à apporter à cette loi, d'après ma Note du 28 mai 1900, subsiste sans modifications.

» 4° Si l'on écrit l'équation (3) sous cette forme

$$(4) \qquad pv = RT - b_1 (v - \alpha)^{\frac{1}{3}} + a_1 (v - \alpha)^{\frac{2}{3}},$$

la loi des pv minima est donnée de suite par la relation

$$(5) \qquad v = \alpha + \left(\frac{b_1}{2a_1}\right)^3.$$

» 5° L'équation (3) peut être mise sous la forme

$$(6) \qquad (p + \pi)\varphi\omega^3 = RT,$$

de laquelle on déduit facilement que la pression intérieure est

$$(7) \qquad \pi = \frac{b_1}{\varphi^{\frac{2}{3}}} - \frac{a_1}{(\varphi - \alpha)^{\frac{1}{3}}}.$$

» La courbe qui traduit cette dernière relation représente bien les lois de variation des valeurs de la pression intérieure que M. Amagat a déduites de ses expériences.

» La relation (3) est évidemment de la forme

$$p = f(\varphi)T + f_1(\varphi),$$

elle exprime donc que le coefficient de pression $\frac{dp}{dt}$ est fonction du volume seul, conformément aux résultats obtenus par M. Amagat, M. S. Young, M. Barus et par M. Ed. Mack. »

OPTIQUE. — *Sur un nouvel appareil permettant de rendre horizontal l'axe optique d'une lunette.* Note de M. **Alphonse Berget**, présentée par M. Lippmann.

« 1. Les astronomes et les physiciens disposent actuellement d'un moyen sûr de rendre *vertical* l'axe optique d'une lunette, indépendamment de l'axe géométrique dont il est solidaire : ce moyen consiste à faire, grâce à un réticule se détachant sur un champ éclairé, de l'autocollimation au-dessus d'un bain de mercure : c'est ainsi qu'on détermine les directions opposées du zénith et du nadir sur les cercles méridiens.

» Mais, jusqu'à présent, on n'était en possession d'aucun moyen permettant de rendre un axe optique directement horizontal : il fallait toujours passer par le double intermédiaire de l'axe géométrique et du niveau à bulle, ce qui supposait le réglage du niveau, le réglage de la coïncidence des deux axes, et, enfin, le parallélisme de l'axe géométrique et de la ligne de foi du niveau.

» J'ai pensé que la méthode et l'appareil que voici pourraient résoudre simplement le problème.

» 2. Le principe de la méthode consiste à réaliser un plan *vertical* réfléchissant,

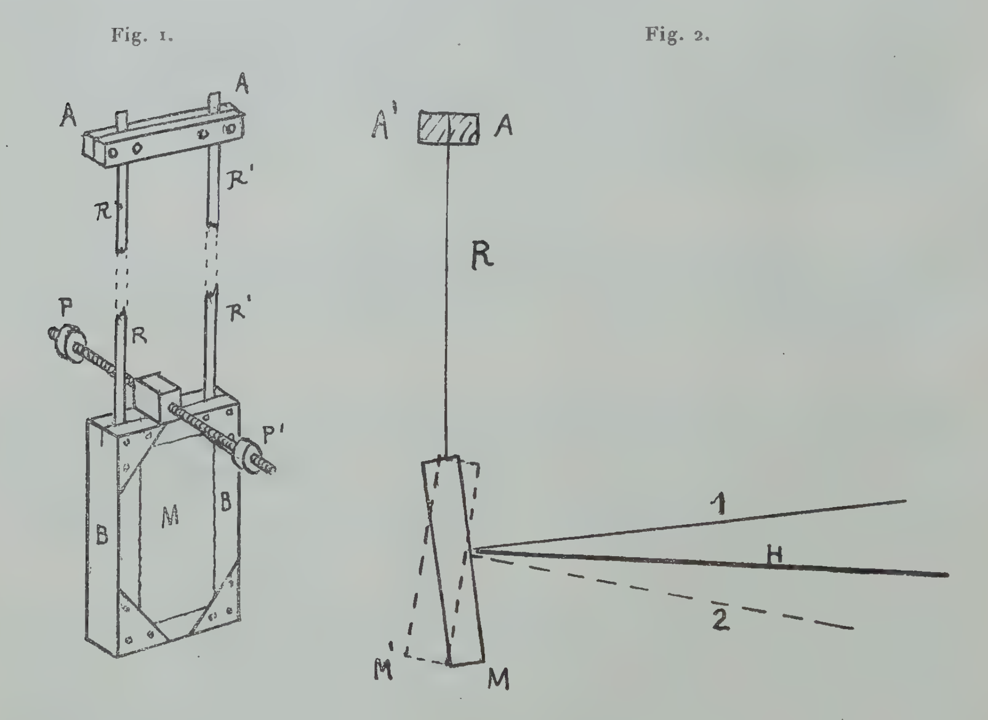
sur lequel on fait l'autocollimation de la lunette dont il s'agit de rendre l'axe optique horizontal.

» Pour cela, il suffit de suspendre un miroir à un support fixe par deux fils. Si le miroir est homogène et que son plan de symétrie coïncide avec celui des deux fils, sa surface réfléchissante sera verticale sous l'action de la pesanteur, et, par conséquent, une lunette autocollimée sur lui aura son axe optique perpendiculaire à sa surface réfléchissante, c'est-à-dire horizontal.

» Comme l'homogénéité d'une part, la symétrie de la suspension d'autre part, sont impossibles à réaliser pratiquement, voici la disposition que j'ai donnée à l'appareil :

» Le miroir M (*fig.* 1) est formé d'une glace épaisse à faces bien parallèles et argentées. Il est monté dans un cadre de bronze B, suspendu par deux rubans d'acier R, R′, d'une épaisseur de $\frac{1}{10}$ de millimètre, et longs de 50^{cm}, dont un support de laiton AA′, reposant sur un plan horizontal, pince les

Fig. 1. Fig. 2.



extrémités supérieures. A la partie supérieure du cadre de bronze se trouve fixée, perpendiculairement à ses faces, une tige filetée sur laquelle peuvent se mouvoir deux masses pesantes, p, p'.

» 3. Voici comment fonctionne l'instrument; par construction il est aussi symétrique que possible, sans cependant l'être d'une façon parfaite. Supposons donc que le miroir suspendu (*fig.* 2) ne soit pas vertical, mais

incliné, dans la position M. Je fais alors l'autocollimation de la lunette, et cette opération donne à son axe optique la direction 1.

» Cela fait, je retourne, sur son support, la pièce A *face pour face*. Ce miroir a ainsi tourné de 180°, et la face arrière est venue se placer en avant, dans la position M′ indiquée en pointillé. Je fais de nouveau l'autocollimation, l'axe optique de la lunette prend alors une position 2; le déplacement qu'il faut donner au réticule se mesure par le micromètre.

» Il est évident que, si le miroir est à faces parallèles, l'horizontale H sera la bissectrice des deux positions 1 et 2; il suffira donc de donner au micromètre la moitié du déplacement précédent pour avoir un axe optique horizontal.

» Ce premier résultat étant acquis, il est, maintenant, facile de rendre le plan du miroir vertical. Il suffit, pour cela, d'agir sur les masses p et p', jusqu'à ce que l'autocollimation soit de nouveau réalisée pour la position H de la lunette, précédemment obtenue; le miroir est alors vertical.

» On peut, après cela, recommencer le retournement, pour préciser la direction H par approximations successives.

» J'ai opéré avec une lunette autocollimatrice, de 80^{mm} d'ouverture et de 80^{cm} de foyer; au troisième retournement, la coïncidence du réticule et de son image est définitive.

» On aurait pu craindre que les oscillations du miroir suspendu rendissent les réglages difficiles : on amortit aisément ces oscillations, soit par une palette fixée au miroir et baignant dans un liquide, soit plus simplement encore avec un petit ressort en forme de V formé d'une feuille de papier pliée en deux et au-dessus duquel le miroir oscille en le touchant. L'amortissement ainsi réalisé est parfait.

» Le cadre en bronze, pesant plusieurs kilogrammes, et l'appareil de retournement ont été construits avec une remarquable précision par M. Mailhat.

4. On peut donc rendre horizontal l'axe optique d'une lunette indépendamment de son axe géométrique. Il est à remarquer que *la précision avec laquelle cette horizontalité est obtenue est précisément celle avec laquelle se fait le pointé*. Cette méthode réalise donc l'*équilibre* si désiré entre les divers éléments d'une mesure physique.

» Si les faces du miroir ne sont pas parallèles, on détermine leur angle une fois pour toutes, et l'on en tient compte dans le déplacement du micromètre.

» Les applications de cette méthode permettront, entre autres choses : de rendre horizontal l'axe de la lunette d'un sidérostat; de vérifier la division des cercles méridiens correspondant à la direction perpendiculaire au zénith; d'étudier la flexion des lunettes, etc.; elles se prêteront aussi à la réalisation de diverses expériences de Physique terrestre et de Géodésie, pour lesquelles une direction horizontale est nécessaire. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de l'électricité atmosphérique au sommet du mont Blanc* (4810^{m}) *par beau temps.* Note de M. G. **Le Cadet**, présentée par M. Janssen.

« En vue d'élucider certaines questions relatives à l'électricité de l'atmosphère, j'ai fait à l'observatoire du sommet du mont Blanc, sous les auspices de M. Janssen et pendant une période de beau temps par vent de sud, un séjour qui a duré du 31 août au 3 septembre 1902. Les expériences que j'y ai entreprises et dont j'ai l'honneur de communiquer les résultats à l'Académie, comprennent :

» 1° L'enregistrement continu de la variation diurne du *potentiel électrique* en un point de l'air au-dessus du sol, par rapport au potentiel du sol.

» 2° Une série de mesures directes de la *chute normale de potentiel* (voltmètre) entre deux points de l'air au-dessus d'une portion horizontale du sol neigeux du sommet.

» 3° Une série de mesures de la déperdition de l'électricité positive et de l'électricité négative dans l'air libre au voisinage du sol.

» 1. L'appareil enregistreur dont je me suis servi est, à quelques améliorations de détail près, celui que j'ai décrit précédemment (*Comptes rendus,* 1902, 1er semestre, p. 745). Je l'avais soigneusement installé dans la salle de l'Observatoire, près de la paroi est, à travers laquelle passait la tige du collecteur à radium qui aboutissait à $0^{m},25$ au dehors et à 1^{m} au-dessus de la neige durcie. La terre était prise au rocher de la Tourette. Les déviations de l'électroscope gradué, correspondantes à cette exposition, ont été continûment enregistrées du 1er septembre à $8^{h}30^{m}$ du soir au 3 septembre à $3^{h}30^{m}$ du matin.

» Considérée dans son ensemble, la courbe enregistrée (que je mets sous les yeux de l'Académie) conduit immédiatement à cette conséquence : *la variation diurne du potentiel électrique par beau temps, au sommet du mont Blanc, présente une oscillation simple avec un maximum de jour entre* 3^{h} *et* 4^{h} *du soir et un minimum de nuit vers* 3^{h} *du matin.*

» 2. Les mesures directes de la chute normale de potentiel ont été faites, après divers essais, au moyen de deux collecteurs à mèches, au-dessus d'une petite plate-forme de neige sur la croupe du sommet, à 20^{m} environ au sud-est de l'observatoire. J'ai pris toutes précautions pour me soustraire aux causes d'erreurs signalées par *Beundorf.* Le 2 septembre, j'ai fait 38 lectures de l'électroscope, de $7^{h}35^{m}$ à $11^{h}15^{m}$ du matin et 152 lectures de $12^{h}57^{m}$ à $5^{h}3^{m}$ du soir, ainsi qu'un certain nombre de lectures de l'hygromètre à cheveu et du thermomètre fronde.

» La courbe moyenne résultant de ces lectures présente, dans l'intervalle des

mesures, les mêmes inflexions générales que la courbe enregistrée et continue. On peut donc étendre à la variation diurne complète de la quantité mesurée en voltmètres les conséquences déduites des données de l'enregistreur et énoncer ainsi le résultat immédiat des déterminations précédentes :

» *Par le beau temps d'un régime estival de vent de sud, au voisinage de l'équinoxe d'automne, l'intensité du champ électrique au sommet du mont Blanc, mesurée près du sol par une chute normale de potentiel de* +600 *volt-mètres, est soumise, dans son ensemble, à une oscillation simple avec un maximum* (*de* 900 *à* 1000 *voltmètres*) *entre* 3^h *et* 4^h *du soir et un minimum* (*de* 100 *à* 200 *voltmètres*) *vers* 3^h *du matin.*

» Ce résultat confirme la loi générale de la variation diurne du champ électrique terrestre déduite par M. A.-B. Chauveau (1) de la discussion de ses observations au sommet de la tour Eiffel, loi que j'avais moi-même pressentie et dont j'ai signalé les conditions de manifestation sur le sol des plaines (2), à l'appui d'une théorie qui se ramène à celle de l'ionisation de l'atmosphère par le rayonnement solaire.

» 3. Pour les mesures de déperdition, je me suis servi d'un appareil d'*Elster et Geitel* (construit par la maison Günther et Tegetmeyer de Braunschweig) et j'ai suivi la méthode indiquée par ces physiciens. L'appareil était établi à 1^m au-dessus de la neige et à 10^m environ au sud de la cabane de l'observatoire. Le cylindre abri était relié au fil de terre.

» Le 2 septembre, j'ai effectué, de 8^h du matin à 5^h du soir, en même temps que les observations de chute normale de potentiel, 31 mesures de déperdition, 2 mesures du signe + alternant avec 2 mesures du signe —, et *vice versa.*

» J'ai calculé, pour chacune de ces mesures, la quantité *a exprimant, en valeur absolue, la perte pour cent, en une minute, de la charge originelle* et j'ai obtenu, par groupement des valeurs individuelles, la série suivante des valeurs simultanées de $a-$ et de $a+$ et du *rapport* $q = \frac{a-}{a+}$ *de la déperdition négative à la déperdition positive :*

Heures...	8^h48^m	9^h17^m	9^h46^m	10^h12^m	10^h39^m	11^h0^m	13^h15^m	13^h46^m	14^h13^m	14^h41^m	15^h7^m	15^h35^m	16^h1^m	16^h28^m
$a-$......	21,355	26,345	28,885	26,350	27,210	27,500	27,205	27,890	28,580	29,280	30,395	30,740	31,165	33,550
$a+$......	2,425	3,670	4,275	3,820	4,920	5,765	2,740	1,675	2,025	2,605	1,890	2,030	2,900	3,210
$q = \frac{a-}{a+}$.	8,81	7,18	6,76	6,90	5,53	4,77	9,93	16,65	14,11	11,24	16,08	15,14	10,74	10,45

» On voit qu'au sommet du mont Blanc la déperdition négative a été en moyenne 10 fois plus grande que la déperdition positive.

---

(1) A.-B. Chauveau, *Étude de la variation diurne de l'électricité atmosphérique*, Chap. V, p. 110. Paris, 1902.

(2) G. Le Cadet, *Étude du champ électrique de l'atmosphère* (*A. F. A. S.*, Saint-Étienne, 26e session, 1897, p. 283).

» D'ailleurs, une série de mesures de comparaison que j'ai faites le 4 septembre au fond de la vallée (1050^{m}), avec le même dispositif et par une situation atmosphérique très peu différente, donne : a — moyen = 5,9; a + moyen = 5,6.

» Ces résultats, par leur sens général et leur ordre de grandeur, confirment les faits annoncés par MM. Elster et Geitel [1], en même temps qu'ils leur donnent une grande extension, et ils conduisent à cette conséquence importante : *La conductibilité apparente de l'atmosphère augmente avec l'altitude. Elle est sensiblement égale pour les deux signes au fond des vallées et présente, sur le sommet du mont Blanc, un caractère très nettement unipolaire.*

» J'ajoute que la variation du rapport q et la variation de l'intensité du champ électrique paraissent présenter entre elles une relation conforme à celle qui se déduirait d'une théorie de l'ionisation de l'atmosphère par la radiation solaire, en tenant compte des circonstances météorologiques observées et qui sont censées influer sur la mobilité des ions et sur l'intensité de la radiation. »

PHYSIQUE. — *Sur le dichroïsme magnétique des liquides.* Note de M. **Georges Meslin**, présentée par M. Mascart.

« A l'occasion de recherches sur le dichroïsme des cristaux, recherches dont je me propose d'entretenir prochainement l'Académie, j'ai réalisé un dispositif très sensible, qui permet de mettre en évidence cette propriété dans les corps qui la présentent à un faible degré et de la mesurer avec précision.

» En raison de la sensibilité de la méthode, j'ai cherché à constater ce dichroïsme dans des solides isotropes, dans des liquides purs ou dans des solutions à l'intérieur desquelles on créerait une dissymétrie, soit par un champ magnétique, soit par un champ électrique perpendiculaire au rayon lumineux traversant ces corps.

» J'ai obtenu dans ces conditions, à l'aide du champ magnétique, un dichroïsme mesurable pour la solution de bichromate de potasse dans l'essence de térébenthine, et pour la solution de ce même corps dans le sulfure de carbone.

---

(1) Elster et Geitel, *Terr. magn. and atm. el.*, Vol. IV, p. 224 et suiv. — *Annalen der Physik*, Bd. 2, 1900, p. 433.

» *Ces dissolutions, placées dans un champ magnétique, ont donc la propriété d'absorber inégalement la vibration parallèle au champ et la composante perpendiculaire à ce champ.*

» Pour ces corps, l'inégalité d'absorption se produit dans toute l'étendue du spectre; elle est indépendante du sens du champ, comme on pouvait le prévoir.

» L'essence de térébenthine, le sulfure de carbone, la solution de bichromate de potasse dans l'eau, ne m'ont pas jusqu'à présent manifesté cette propriété; s'ils la présentent, ils l'ont à un degré beaucoup moindre. Il en est de même du flint lourd coloré, du moins dans l'étendue des champs magnétiques que j'ai utilisés. Je n'ai également obtenu jusqu'ici aucun résultat avec les solutions de tartrate étudiées par M. Cotton au sujet de l'inégale absorption des rayons circulaires droits et gauches. »

PHYSICOCHIMIE. — *Sur les changements de couleur qu'éprouvent les iodures mercuriques aux diverses températures.* Note de M. **D. Gernez**, présentée par M. J. Violle.

« Il est des corps qui présentent deux variétés cristallisées, de couleurs différentes, et qui se transforment l'une en l'autre à une température fixe, sous pression constante; tel est l'iodure mercurique. Au-dessus de 126°, sous la pression normale, la variété rouge quadratique se change toujours en cristaux orthorombiques jaunes, au contact d'un cristal jaune, et, inversement, au-dessous de 126°, la variété jaune se change en rouge au contact d'un cristal rouge. En l'absence d'un cristal de l'autre forme, la transformation peut ne pas se produire, il y a alors retard au phénomène dans un sens ou dans l'autre : *surchauffe* ou *surfusion* cristallines. Le retard qui présente le plus d'amplitude est celui qu'éprouve la variété jaune, surtout lorsque les cristaux sont isolés, petits, brusquement refroidis et soustraits ensuite aux contacts extérieurs et aux variations fréquentes de température. On peut en conserver, avec leur couleur jaune et leur forme orthorhombique, pendant des heures, des jours et même des années (j'en conserve, qui sont restés dans le vide, inaltérés, depuis 1897).

» Considérons la variété quadratique, stable à la température inférieure à 126° : elle a une magnifique couleur rouge à la température ordinaire; vient-on à la chauffer ? sa teinte devient de plus en plus foncée, jusqu'à ce que la température s'élève à 126° ; alors, subitement, et quelquefois avec

un peu de retard, sa couleur devient d'un beau jaune serin et les cristaux quadratiques se transforment en orthorhombiques [1]. Si l'on continue l'action de la chaleur, la teinte change; elle devient graduellement jaune foncé, jaune orangé, puis orangé rouge dans le voisinage du point de fusion, au delà de 200°. Ces cristaux, abandonnés au refroidissement, présentent, en sens inverse, les nuances qu'ils avaient aux mêmes températures dans la période d'échauffement et, à 126°, au contact d'un cristal rouge, la transformation se produit à partir des points touchés, mais avec une certaine lenteur, à cause du dégagement notable de chaleur qui l'accompagne. En l'absence d'un cristal rouge, elle ne se produit pas immédiatement, même dans un milieu dont la température est beaucoup plus basse, et l'on observe alors que la teinte jaune vif pâlit de plus en plus.

» D'autre part, si au lieu de chauffer les cristaux rouges on les refroidit, on constate que la teinte rouge vif s'éclaircit graduellement et prend une nuance rouge orangé de moins en moins foncée.

» On peut aisément saisir ces variations de couleur et de nuance en fixant sur du papier une couche mince d'iodure mercurique délayée avec un peu d'eau légèrement gommée. On la chauffe en la plaçant dans le courant des gaz chauds d'une lampe et on la refroidit par un jet de gaz froid ou de chlorure de méthyle.

» Les savants qui ont mis en évidence les effets réfrigérants, sur divers corps, de l'air liquéfié, bouillant vers —192°, ont observé qu'en projetant ce liquide sur les cristaux rouges d'iodure mercurique, ils prenaient alors la couleur orangé pâle que présente la variété jaune lorsqu'elle est chauffée à une température supérieure à son point de transformation. Ils ont pu croire, d'après cette similitude de couleur, que la réfrigération intense produite par l'air liquide détermine sur l'iodure rouge le même effet que la chaleur ou bien provoque une nouvelle transformation de l'iodure ayant la même couleur que la variété orthorhombique jaune. L'étude précise du phénomène prouve que les choses se passent plus simplement.

» J'ai rappelé plus haut que l'iodure mercurique, rouge foncé à 126°, passe, en revenant à la température ordinaire, par des nuances de plus en plus claires; si l'on continue à le refroidir à —23° dans le chlorure de méthyle bouillant, puis à — 80° dans la neige carbonique délayée dans l'acétone, il prend les teintes orangé foncé, puis orangé plus clair et enfin dans l'air liquide il se fixe à la teinte orangé jaune. A cette basse température il

(1) Warington, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. VII, p. 417.

ne change pas de forme cristalline et, si on l'abandonne à un réchauffement progressif, il revient en passant en sens inverse par les mêmes nuances à son état initial.

» Quant aux cristaux jaunes, il est aisé de suivre aussi leurs changements de teinte au-dessous de la température de transformation, jusqu'à la température de l'air liquide. Leur couleur, qui était jaune serin à 126°, pâlit très régulièrement à mesure que leur température baisse et dans l'air liquide ils sont sensiblement blancs.

» J'ai réalisé les expériences dans des tubes de verre très minces de quelques millimètres de diamètre qui se mettent rapidement en équilibre de température avec l'air liquide; j'y introduis l'iodure mercurique et je le fonds en étalant le liquide contre la paroi de manière à n'y laisser qu'une mince couche qui se solidifie. Deux tubes semblables étant préparés, j'ai chauffé l'un au delà de 126° et les ai immergés tous deux dans l'air liquide. Par refroidissement l'iodure rouge est devenu finalement jaune orangé et le jaune, presque blanc. Dans d'autres tubes j'ai chauffé l'iodure rouge en diverses régions de manière à former des couches alternatives rouges et jaunes, et les ai immergées dans l'air liquide; les parties rouges sont devenues, comme précédemment, jaune orangé, et tranchaient nettement sur la teinte blanche des régions primitivement jaunes. J'ai mis dans un autre tube une solution chaude d'iodure dans la paraffine : après solidification de la paraffine l'iodure resta jaune, j'en insolai une partie pour la transformer en rouge [1] et j'immergeai le tube dans l'air liquide; la région rouge devint jaune orangé et trancha nettement, par sa couleur, sur le blanc de l'autre partie du tube.

» Il résulte de ces expériences que les deux variétés d'iodure mercurique se comportent, sous l'influence des réfrigérations les plus énergiques, comme le feraient deux corps différents et que l'iodure rouge quadratique ne se transforme pas en iodure jaune orthorhombique. J'ajouterai que ces deux variétés colorées présentent des teintes de plus en plus claires à mesure qu'on les refroidit, remarque faite récemment par M. Moissan à l'occasion de ses observations sur le fluor et le soufre. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les dérivés de l'acide plombique.* Note de M. **Alb. Colson**, présentée par M. G. Lemoine.

« MM. Hutchinson et Pollard ont les premiers déterminé exactement l'action des acides sur le minium et décrit le tétracétate de plomb

---

(1) Kastle et Reed, *American chemical Journal*, t. XXVII, p. 109.

dès 1893. J'ai retrouvé toutes leurs conclusions sans connaître leur Mémoire (¹); elles ne laissent aucun doute.

» *Action du chlore sur les sels normaux de plomb.* — Quand on emploie le minium pour faire le tétracétate de plomb, le tiers du métal seulement est utilisé ; les deux autres tiers se changent en acétate ordinaire. J'ai tenté de transformer ce sel résiduaire en dérivés de l'acide plombique par l'action du chlore. A cet effet, j'ai refroidi et traité par le chlore sec la liqueur acétique résultant de la transformation du minium en tétracétate. Je n'ai pas tardé à obtenir un précipité abondant de chlorure $PbCl^2$ mélangé de tétracétate; de sorte que ma tentative a réussi. Toutefois, on pourrait objecter que le tétracétate obtenu est celui qui préexiste dans la solution et qui devient insoluble quand l'acétate neutre se change en chlorure de plomb. Pour lever cette objection, j'ai recommencé l'expérience sur une solution acétique d'acétate de plomb ordinaire et j'ai retrouvé les mêmes résultats.

» Pour isoler le tétracétate, on filtre à la trompe et l'on reprend la partie solide par l'acide acétique bouillant qui dissout peu de chlorure de plomb et qui dépose par refroidissement le tétracétate. Ce dernier se purifie très suffisamment par une nouvelle cristallisation dans l'acide acétique, ainsi que je l'ai constaté par des dosages alcalimétriques et par des analyses organiques.

» L'eau que renferme la dissolution acétique d'acétate de plomb, et qui résulte soit de l'eau de cristallisation de ce sel, soit de l'action de l'acide acétique sur les oxydes de plomb, ne semble pas intervenir dans la réaction, car celle-ci se produit également bien quand on ajoute à la liqueur un excès d'anhydride acétique.

» La réaction du chlore sur les sels de plomb en liqueurs acides paraît, en conséquence, se faire conformément à l'équation :

$$2\,Pb(C^2H^3O^2)^2 + 2\,Cl = PbCl^2 + Pb(C^2H^3O^2)^4.$$

» Cette réaction constitue pour les dérivés tétraplombiques un procédé de préparation qui non seulement est avantageux, mais qui, en outre, s'applique au cas où les sels normaux et les sels tétraplombiques correspondants ne sont pas séparables par différence de solubilité. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une préparation du sulfure de zinc et du sulfure de cadmium cristallisés.* Note de M. **Georges Viard**, présentée par M. G. Lemoine.

« *Sulfure de zinc.* — En faisant passer de la vapeur de chlorure de zinc diluée dans du gaz carbonique sur certains sulfures métalliques, il se produit par double échange du sulfure de zinc cristallisé.

(¹) Hutchinson et Pollard, *Transact. of the chemical Society,* t. LXIX, 1893, p. 212. — A. Colson, *Comptes rendus,* 16 mars 1903.

» Le sulfure qui m'a donné les meilleurs résultats est le protosulfure d'étain. Le dispositif employé consiste à placer dans un tube de porcelaine parcouru par un courant lent de CO^2 deux nacelles contenant l'une le chlorure de zinc, l'autre le sulfure d'étain. On chauffe d'abord cette dernière et, quand elle est arrivée au rouge, on chauffe le chlorure de zinc qui se vaporise et vient réagir sur le sulfure d'étain : le chlorure stanneux formé se dégage en vapeur avec l'excès de chlorure de zinc. La température n'a pas besoin d'être très élevée. Après refroidissement on trouve la nacelle qui contenait SnS hérissée d'aiguilles dont la longueur peut atteindre plusieurs millimètres. Elles sont parfois incolores, le plus souvent légèrement ambrées, quelquefois enfin jaune paille. Examinées au microscope, elles sont formées de prismes empilés les uns sur les autres; sur quelques-unes on peut voir nettement un prisme hexagonal surmonté d'une pyramide. Leur analyse concorde avec la formule ZnS.

» Le sulfure d'antimoine réagit aussi sur la vapeur de $ZnCl^2$ et fournit du ZnS cristallisé; mais son emploi n'est pas à recommander : il se volatilise plus facilement encore que le sulfure d'étain, de sorte que, si on le chauffe trop vite, il peut disparaître de la nacelle avant d'avoir réagi sur $ZnCl^2$ et alors le ZnS qui se forme dans le tube est bien difficile à recueillir.

» *Sulfure de cadmium.* — Le sulfure de cadmium cristallisé s'obtient par des procédés exactement semblables : en faisant passer de la vapeur de chlorure de cadmium entraînée par un courant lent de CO^2 sur du sulfure d'étain contenu dans une nacelle, on la trouve, l'opération terminée, remplie de cristaux dendritiques parmi lesquels on distingue au microscope des lamelles hexagonales et aussi des prismes terminés par des pyramides; on a parfois des aiguilles formées de pyramides superposées. La couleur de ces cristaux varie du brun rouge au jaune orange. Leur analyse concorde avec la formule CdS.

» On peut faire la même préparation en remplaçant le sulfure d'étain par le sulfure d'antimoine; l'inconvénient signalé plus haut subsiste, mais atténué, et l'on peut obtenir d'assez belles aiguilles en partant de ce sulfure. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des bases alcalino-terreuses sur les sels alcalino-terreux des acides pyrogallolsulfoniques* (1). Note de M. **Marcel Delage**, présentée par M. A. Ditte.

« Si à une dissolution aqueuse, froide, d'un pyrogallolmonosulfonate ou disulfonate de baryte, de strontiane ou de chaux, on ajoute graduellement, au contact de l'air, respectivement une dissolution de baryte, strontiane

(1) Voir aussi *Comptes rendus*, 20 août 1900, 18 février 1901, 29 juillet 1901 et 23 mars 1903.

ou chaux, on observe la formation de substances colorées. Les réactions qui prennent naissance au contact de ces corps sont d'une grande complexité et le résultat varie généralement avec la quantité et la nature de la base ajoutée et du sel employé, la plus ou moins longue exposition, la température, la nature du dissolvant, etc.

» On peut réussir, en se plaçant dans des conditions identiques, à obtenir, aux dépens des deux acides, mono ou disulfonique, par l'action des trois bases, baryte, strontiane et chaux, un groupe de six substances colorées bien définies, formant une série régulière de corps dont les propriétés analogues (facilité de formation, solubilité, etc.), varient régulièrement avec le nombre des groupes sulfoniques de l'acide générateur et le poids moléculaire de la base employée.

» La solubilité de ces composés dans l'eau et dans l'alcool est d'autant plus forte que le poids moléculaire de la base est plus faible et le nombre de groupes sulfoniques de la molécule moins grand. Les mêmes relations ont été observées pour les pyrogallolsulfonates alcalino-terreux que j'ai décrits dans les Notes précédentes. Elles sont également vraies pour les sulfates. C'est ainsi que le dérivé calcique du monosulfonate de calcium, soluble dans l'eau et dans l'alcool, ne peut être précipité que par l'addition d'éther, alors que les corps intermédiaires sont plus ou moins solubles dans l'eau, mais non dans l'alcool, et que le dérivé barytique du disulfonate de baryum est complètement insoluble dans l'eau.

» Les acides dissolvent complètement ces substances en les décolorant et donnant un liquide jaune. Ces dérivés sont amorphes et forment des précipités plus ou moins floconneux qui, à l'état sec, se présentent sous forme de poudres colorées. On ne peut les qualifier de matières colorantes proprement dites, à cause de leur trop facile oxydabilité à l'état humide; si l'on cherche à les précipiter sur la laine ou la soie, les écheveaux, d'abord colorés, prennent une teinte sale qui vire très rapidement au vert, puis au jaune.

» La couleur de ces composés varie du bleu franc au violet franc. Assez altérables à l'air quand ils sont humides, surtout en présence d'un excès d'alcali, ils se conservent au contraire sans altération lorsqu'ils sont gardés en flacon bouché en suspension dans le liquide alcoolique dans lequel ils ont pris naissance, mais surtout lorsqu'ils sont secs.

» Leur mode de formation, rapproché des résultats fournis par l'analyse, conduit à considérer ces substances comme les dérivés d'oxydation du pyrogallolsulfonate employé, dans lequel deux fonctions phénoliques sur trois seraient saturées par la base alcalino-terreuse. Ces composés colorés ne se forment en effet pas en l'absence de l'air. On peut remarquer que la facilité avec laquelle l'oxygène de l'air est absorbé lors de leur formation croît, comme l'insolubilité, des dérivés mono aux dérivés disulfoniques et de la chaux à la baryte.

» Le mode d'oxydation, la place de l'oxygène absorbé dans la molécule,

sont encore trop insuffisamment élucidés, pour permettre de donner une formule complète de structure de ces corps. Je me bornerai provisoirement à indiquer dans les formules l'intervention d'un atome d'oxygène remplaçant un atome d'hydrogène et à tenir compte de ce facteur (O — H = 15) dans le calcul des poids moléculaires et des pourcentages.

» Les substances colorées obtenues appartiennent donc aux deux types suivants pris pour exemples :

$$C^6H^2 \begin{cases} /\ OH \\ -O \diagdown \\ \quad\quad\ \ Ba \\ -O \diagup \\ \diagdown\ SO^3 - \frac{Ba}{2} \end{cases} + (O - H)$$

$$C^6H \begin{cases} /\ OH \\ -O \diagdown \\ \quad\quad\ \ Ba \\ -O \diagup \\ -SO^3 \diagdown \\ \quad\quad\quad\ Ba \\ \diagdown\ SO^3 \diagup \end{cases} + (O - H)$$

l'un correspondant aux dérivés monosulfoniques, l'autre aux dérivés disulfoniques.

» Pour dénommer ces composés d'une façon commode, nous tiendrons compte du nombre des groupes sulfoniques et de molécules de base monovalente (ou de demi-molécules de base bivalente), contenus dans 1^{mol} du composé. Ainsi le corps :

$$(O^2Ba) = C^6H^2 - SO^3 - \frac{Ba}{2}$$

sera le pyrogallol-monosulfonate tribarytique. On pourrait appliquer la même règle aux sulfonates eux-mêmes et appeler, par exemple, le sel générateur du corps cité plus haut *pyrogallol-monosulfonate monobarytique.* »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les chaleurs de combustion des composés organiques, envisagées comme propriétés additives. Carbures.* Note de M. **P. Lemoult.**

« Les chaleurs de combustion moléculaires des divers carbures pris dans leur état actuel, peuvent être calculées en faisant la somme de *chaleurs de combustion élémentaires* constantes relatives à certains groupements convenablement choisis. Les divers systèmes qui ont été proposés jusqu'ici pour établir des calculs de ce genre reposent sur l'adoption d'une valeur déter-

minée pour l'atome de C supposé isolé, d'une valeur analogue pour l'H supposé isolé et de trois valeurs relatives aux valences simples, doubles ou triples (Diffenbach, *Zeitschrift für physikal. Chemie*, 1890, p. 566).

» Considérons chaque atome de carbone C = 12 comme formé de quatre atomes élémentaires *c* inséparables, les carbures contiendront des groupes $c - c$ et des groupes $c - H$ ($H = 1$); admettons que chaque groupe $c - c$ donne un appoint de 51^{Cal} et chaque groupe $c - H$ un appoint de 53^{Cal} à la chaleur de combustion et représentons ces conventions par $c - c = 51^{Cal}$, $c - H = 53^{Cal}$; la chaleur de combustion du propane fixée expérimentalement à $528^{Cal},4$ sera

$$2c - c + 8c - H = 2.51 + 8.53 = 526^{Cal}.$$

» Deux conséquences dérivent de ces conventions :

» 1° Les carbures isomères ont la même chaleur de combustion.

» 2° La différence entre deux homologues consécutifs est de 157^{Cal}.

» On sait que ces deux lois ont été vérifiées dans un grand nombre de cas, avec une approximation de l'ordre du $\frac{1}{200}$; nous allons voir que l'accord entre les valeurs calculées et les valeurs trouvées expérimentalement atteint presque toujours et dépasse souvent cette limite, lorsqu'on étend la comparaison à *tous les carbures déterminés jusqu'ici* et pour lesquels on a adopté les valeurs données par M. Berthelot (*Thermochimie : Données et lois numériques*, t. II, p. 788 et 789) et les déterminations publiées après ce Recueil.

	Mesuré.	Calculé.	App^{on}.
Méthane	213,5	212	$\frac{1}{140}$
Éthane	372,3	369	$\frac{1}{110}$
Propane ou isopropane	528,4	526	$\frac{1}{220}$
Butane	687,2	683	$\frac{1}{150}$
Triméthylméthane	687,2	683	$\frac{1}{150}$
Pentane et tétraméthylméthane	844,7	840	$\frac{1}{180}$
Hexane (dipropyle)	991,2	997	$\frac{1}{170}$
Hexane (diisopropyle)	998,9	997	$\frac{1}{520}$
Heptane	1152,3	1154	$\frac{1}{670}$
Octane normal	1313	1311	$\frac{1}{650}$
Décane	1624	1625	$\frac{1}{1625}$
Hexadécane	2558	2564	$\frac{1}{420}$
Eikosane	3182,5	3192	$\frac{1}{300}$

» La chaleur de combustion moléculaire $[Q_s]_n$ d'un carbure saturé à n atomes de carbone se représente par $[Q_s]_n = 157n + 55$ (Droite I).

» *Carbures éthyléniques.* — Aux groupes $(c - c)$ et $(c - H)$ ajoutons le groupe $c^2 = c^2$ correspondant aux doubles liaisons avec la valeur 130 différente de 2.51.

	Éthylène.	Propylène.	Isobutylène.	Amylène.	Hexylène.	Isodibutylène.	Diamylène.
Mesuré	341,1	499,3	650,2	811,3	960,6	1252,5	1596,2
Calculé	342	499	656	813	970	1284	1598
Approximation.	$\frac{1}{380}$	$\frac{1}{710}$	$\frac{1}{110}$	$\frac{1}{470}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{880}$

» *Carbures acétyléniques et carbures à plusieurs liaisons multiples.* — Adoptons pour le groupement $c^3 \equiv c^3$ correspondant à la liaison acétylénique la valeur 210 et admettons que quand plusieurs liaisons multiples (doubles ou triples) se trouvent simultanément dans une molécule, une seule intervient avec sa valeur 210 ou 130 suivant sa nature, les autres intervenant avec ces valeurs diminuées d'une quantité constante 40^{Cal}; nous aurons le Tableau suivant :

	Acétylène.	Allylène.	Diallyle.	Dipropargyle.	Diméthyldiacétylène.
Mesuré.........	315,7	473	904,3	853,6	848,3
Calculé.........	316 ($\frac{1}{1000}$)	473	903 ($\frac{1}{690}$)	850 ($\frac{1}{230}$)	851 ($\frac{1}{310}$)

» Tous ces résultats peuvent être représentés par un groupe de six droites parallèles à la droite I :

$$[Q] = 157n + A.$$

» *Carbures aromatiques.* — En adoptant les valeurs admises plus haut, le calcul conduit à des résultats très différents suivant qu'on représente ces carbures par les formules Kékulé ou par les formules Ladenburg (liaisons suivant les diagonales); les résultats calculés dans ce dernier cas coïncident avec les résultats d'expériences et plaident par suite en faveur des formules Ladenburg.

	Benzène.	Naphtalène.	Anthracène.	Phenanthrène.	Chrysène.
Mesuré (état actuel)......	776,9	1241,8	1707,6	1700,4	2140,3
Calculé { form. Kékulé....	781	1220	1671 ou 1659	1659	2098 (f^{le} ordinaire)
Calculé { form. Ladenburg.	777	1240	1703	1703	2166

» Représentation : $[Q_{AR}]_n = 115,75n + 82,5$.

» *Carbures mixtes.* — Pour les carbures mixtes, on a les résultats suivants :

	Mesuré.	Calculé.
Toluène......................	933,8	934
Xylènes (*o. m. p.* identiques)...	1084,3	1091
Mésitylène...................	1251,6	1248
Propylbenzène................	1248,6	1248
Isopropylbenzène.............	1249,9	1248
Tétraméthylbenzène...........	1393,9	1405
Propyltoluène { 1.2.	1406,1	1405
Propyltoluène { (Cymol.). 1.3.	1412,5	1405
Isopropyltoluène......... 1.3.	1410,1	1405
Pentaméthylbenzène..........	1554,1	1562
Hexaméthylbenzène...........	1712,1	1719
Diphényle....................	1510,1	1499
Triphénylbenzène............	2938,3	2943
Diphénylméthane.............	1655,7	1656
Triphénylméthane............	2380,4	2378
Dibenzyle....................	1830,2	1813
Stilbène.....................	1777,3	1786
Tolane.......................	1738,9	1760
Styrolène....................	1045,5	1064
Rétène (méthylisopropylphénanthrène)...................	2325,2	2335
Acénaphtène (naphtyléthylène).	1521,2	1527

» *Carbures divers.* — Le triméthylène conduit à des résultats discordants : mesuré, 507; calculé, 471; de même, le nonaphtène : mesuré, 1384,2; calculé, 1414; mais

la plupart des autres carbures à chaîne fermée donnent, au contraire, des résultats tout à fait concordants :

		Mesuré.
Hexahydrobenzène	942	944
Hexahydrotoluène	1090	1095
Méthylpentaméthylène	942	945,7
Dihydrobenzène : calculé	832	832
	848	

		Mesuré.
Tétrahydrobenzène : calculé	887	892,0
	915	
Térébenthène	1488	1490,8
Citrène	1488	1473
Menthène	1543	1523

» *En résumé :* Sur 60 cas examinés, il y en a 7 (11 pour 100) où l'approximation est inférieure à $\frac{1}{100}$; 15 (25 pour 100) où elle est comprise entre $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{200}$, et 38 (64 pour 100) où elle est supérieure à cette limite.

» Je me réserve naturellement d'étendre ces considérations aux autres séries de composés organiques pour lesquelles j'ai déjà obtenu des résultats analogues. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Cellulose nitrée.* Note de M. Léo Vignon.

« En nitrant la cellulose, il se forme des dérivés oxycellulosiques ([1]). J'ai l'honneur de présenter à l'Académie de nouvelles expériences relatives à l'étude chimique de ce phénomène.

» I. Tout d'abord, on doit considérer l'oxycellulose obtenue par le chlorate de potassium et l'acide chlorhydrique comme une substance à composition fixe et définie.

» J'ai analysé, en effet, de nombreux échantillons d'oxycellulose. La composition centésimale pour le produit séché à 110°, cendres déduites, a été, en moyenne :

carbone, 43,40; hydrogène, 5,90; oxygène, 50,70.

» Le rendement des oxycelluloses analysées était de 70 à 80 pour 100 de la cellulose oxydée. En prolongeant l'oxydation de la cellulose, le rendement tombe à 44 pour 100. L'analyse montre que le produit obtenu a conservé sensiblement la même composition, qui correspond à la formule

$$(C^6H^{10}O^5)^3 + C^6H^{10}O^6 = C^{24}H^{40}O^{21}.$$

([1]) *Comptes rendus*, 10 septembre 1900.

» II. *Nitration de la cellulose.* — Différents expérimentateurs ont cherché à déterminer le maximum de nitration de la cellulose, sans être arrivés encore à des conclusions concordantes et définitives.

» J'ai préparé la nitrocellulose de Lunge contenant environ 13,90 pour 100 d'azote, en employant, comme mélange nitrant, pour 1^g de coton : 63,35 de SO^4H^2 ; 25,31 de AzO^3H ; 11,34 de H^2O.

» La nitrocellulose obtenue, bien lavée, a été purifiée par ébullition dans trois eaux distillées successives, pendant une demi-heure chaque fois ; finalement, on l'a desséchée dans le vide sur l'acide sulfurique. La correction d'humidité, non négligeable (3,59 pour 100), a été faite sur un témoin séché dans un courant d'air sec, à chaud à 80°.

» On a obtenu pour la composition centésimale de la matière séchée à 80°, en moyenne :

carbone, 23,89 ; hydrogène, 2,44 ; azote, 13,94 ; oxygène, 59,73.

» Or, si l'on admet que cette nitrocellulose représente de l'oxycellulose trinitrée, soit

$$3[C^6H^7(AzO^2)^3O^5] + C^6H^7(AzO^2)^3O^6 = C^{24}H^{28}Az^{12}O^{45},$$

on trouve que l'analyse et la théorie concordent avec une remarquable précision.

» *Conclusions.* — 1° Les divergences observées par les expérimentateurs sur le maximum de nitration de la cellulose proviennent du dosage de l'azote effectué seul, à l'exclusion du carbone et de l'hydrogène, et de l'hypothèse que la molécule cellulosique subsiste dans les dérivés nitrés obtenus.

» 2° Au maximum de nitration de la cellulose, on fixe $3(AzO^3)$ pour 1^{mol} en C^6.

» 3° Le dérivé nitré ainsi obtenu est un dérivé oxycellulosique. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle des bactéries dans la production des périthèces des* Ascobolus. Note de M. **Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« On sait que, lorsqu'on cherche à obtenir en cultures pures le développement des Ascomycètes saprophytes, il ne se produit le plus généralement, quelle que soit la variété des milieux nutritifs employés, qu'un mycélium qui reste stérile ou qui ne présente comme organes reproducteurs que des appareils conidiens ; on n'obtient ordinairement que la forme dite imparfaite de l'Ascomycète ensemencé. J'ai réussi, pour un Ascomycète

du genre *Ascobolus*, à déterminer les conditions dans lesquelles apparaissent les périthèces.

» Ayant cherché à faire germer des ascospores d'*Ascobolus* recueillies aseptiquement, j'ai très aisément obtenu, à partir de ces spores, un développement intense de mycélium qui présentait d'abondantes arthrospores, semblables à celles que Brefeld a déjà signalées pour une espèce du même genre. La plupart de ces semis étaient purs, et le mycélium blanc, floconneux, qui en provenait et qui occupait tout le tube de culture, ne donnait qu'accidentellement naissance à des périthèces; en tout cas, ceux-ci apparaissaient tardivement (au bout de 4 à 6 semaines) et restaient à un état peu avancé de développement.

» Quelques cultures présentaient un aspect tout différent; le mycélium formait un voile adhérant à la surface du milieu nutritif, constitué, par exemple, par une tranche de carotte; ses filaments étaient mouillés par le liquide qui imbibait le substratum, et ce n'est que dans le haut de la tranche de carotte qu'on pouvait observer quelques filaments se dressant dans l'atmosphère, indépendants les uns des autres; ces cultures présentaient de plus de bonne heure (au bout de 10 à 15 jours) des périthèces qui ne tardaient pas à prendre des dimensions normales et à projeter des ascospores.

» Or, si l'on observait au microscope ces dernières cultures, il était aisé de reconnaître qu'elles avaient été toutes contaminées par une même bactérie, qui avait dû être entraînée par certaines ascospores ayant servi aux semis; elle devait par conséquent provenir de la bouse de vache sur laquelle s'étaient développés les périthèces qui nous ont servi de point de départ pour nos cultures. Il devenait ainsi très naturel d'admettre que c'est à l'association de cette bactérie avec le mycélium de l'*Ascobolus* qu'il fallait rapporter l'aspect si spécial présenté par les cultures accidentellement impures, ainsi que la formation de périthèces normaux.

» J'ai pu reproduire expérimentalement une telle association, à partir de cultures pures de la bactérie et de cultures pures de l'*Ascobolus*, en employant comme milieux nutritifs soit la bouse de vache, soit des tranches de carotte. Semé sur la bouse de vache stérilisée dans des ballons le mycélium se développe très abondamment, recouvre tout le substratum d'une épaisse couche floconneuse et reste indéfiniment stérile; mais si l'on sème le même mycélium sur de la bouse de vache stérilisée, puis contaminée par la bactérie isolée des cultures précédentes, il n'apparaît que quelques rares filaments à l'extérieur du substratum; celui-ci se couvre par contre, au bout de 20 jours environ, de nombreux et volumineux périthèces.

» La production de la forme ascosporée des *Ascobolus* exige donc un

ensemble de conditions qui se trouve être réalisé par la présence d'une bactérie; le fait n'est évidemment pas spécial à ce genre d'Ascomycètes et doit s'étendre à de nombreux autres genres coprophiles ou humicoles.

» Il reste à élucider le mode d'action des bactéries dans mes expériences, ainsi que leur importance spécifique, mais on conçoit dès maintenant que nous nous trouvons en présence d'une méthode générale permettant d'obtenir la forme parfaite de beaucoup de champignons. Le fait que nous signalons met de plus en évidence l'importance considérable qui revient à ce qu'on peut appeler la *nature biologique* des milieux qui servent de substratums aux divers végétaux. »

BOTANIQUE. — *Sur le rôle de l'oxalate de calcium dans la nutrition des végétaux*. Note de M. **Amar**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« L'étude histologique d'un grand nombre de plantes permet de constater la présence, dans tous les organes, de cristaux d'oxalate de calcium. J'ai choisi particulièrement les Caryophyllées comme exemple, car elles présentent beaucoup d'oxalate de calcium, surtout dans leurs feuilles et dans leurs tiges.

» La répartition de ces cristaux dans la feuille, aux différents niveaux de sa zone d'insertion sur la tige et dans l'entre-nœud immédiatement inférieur, est intéressante à cause de l'interprétation qu'il convient de lui attribuer. J'ai observé cette répartition dans plusieurs genres (*Dianthus*, *Lychnis*, *Tunica*, *Saponaria*, etc.), et les résultats de toutes ces observations ont été sensiblement identiques. Le limbe de la feuille présente de nombreux cristaux localisés surtout entre les faisceaux, dans les cellules situées immédiatement au-dessous du tissu palissadique; dans le pétiole et dans la gaine foliaire, ces cristaux sont aussi abondants, mais renfermés, plus particulièrement dans l'assise de cellules qui correspond à l'endoderme de la tige. Dans la partie de la tige située au-dessous du nœud, les mâcles d'oxalate de calcium sont moins nombreuses et contenues surtout dans les cellules de l'endoderme; elles deviennent de plus en plus rares à mesure qu'on se rapproche du nœud immédiatement inférieur, et disparaissent même complètement.

» Il résulte de ces observations que les cristaux d'oxalate de calcium deviennent de moins en moins nombreux à mesure que l'on s'éloigne du limbe de la feuille, en suivant la course de la sève élaborée; on est ainsi conduit à supposer que ces mâcles se constituent aux dépens de cette sève, et se déposent principalement, aussitôt après l'élaboration, dans les cellules les plus voisines des tissus assimilateurs et conducteurs.

» Il était intéressant de se demander si ces cristaux d'oxalate de calcium étaient déposés à l'intérieur des cellules d'une manière définitive, ou étaient destinés, au contraire, à contribuer ultérieurement au développement de nouveaux organes.

» J'ai, à cet effet, déplanté plusieurs pieds de diverses Caryophyllées (*Lychnis dioica, Lychnis Githago, Dianthus Carthusianorum, Saponaria officinalis, Tunica Saxifraga*, etc.) au moment où ils étaient pourvus de 5 ou 6 paires de feuilles, et, après avoir lavé soigneusement les racines à l'eau distillée pour les débarrasser des particules solides adhérentes, je les ai cultivés dans une solution nutritive dépourvue de produits calciques, de formule suivante : eau distillée, 1000^g; nitrate d'ammoniaque, 0^g,500; sulfate de magnésium, 0^g,250; phosphate de potassium, 0^g,350; azotate de potassium, 0^g,350; sesquioxyde de fer, traces.

» Les plantes étudiées ont séjourné dans cette solution pendant 55 jours au bout desquels 6 autres paires de feuilles s'étaient développées au-dessus des premières. Si l'on pratique alors des coupes dans les différentes feuilles, on constate que celles de la partie supérieure sont dépourvues complètement d'oxalate de calcium; tandis que les feuilles basilaires différenciées pendant le séjour du sujet dans la terre renferment des mâcles de même nombre et de même dimension que les feuilles des plantes développées dans les conditions normales. La même remarque s'applique aux parties supérieure et basilaire de la tige.

» Ces expériences autorisent à considérer les cristaux d'oxalate de calcium comme un produit d'*excrétion*, et permettent également de penser qu'il doit être possible d'obtenir des plantes *dépourvues entièrement de ces cristaux*.

» J'ai réalisé cette vérification en faisant germer deux lots de graines de diverses Caryophyllées (*Lychnis dioica, Lychnis Githago, Saponaria officinalis, Dianthus Carthusianorum*, etc.), l'un en pleine terre, l'autre dans la solution indiquée plus haut. En comparant ces deux lots au moment où les jeunes plantules ont quatre ou cinq paires de feuilles, j'ai constaté que, tandis que les feuilles, la tige et la racine des plantes du premier lot contenaient des cristaux d'oxalate de calcium localisés d'une manière normale, les mêmes organes des plantes du deuxième lot n'en contenaient aucune trace. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la localisation de l'esculine et du tanin dans le Marronnier.* Note de M. A. **Goris**, présentée par M. Guignard.

« L'esculine traitée par l'acide azotique concentré et aussitôt par l'ammoniaque prend une coloration rouge sang intense. Cette réaction chimique, indiquée par Sonnenschein, peut être utilisée pour la recherche et la localisation de ce glucoside dans les tissus d'*Æsculus Hippocastanum* L.

» Le meilleur mode opératoire consiste à plonger les coupes pendant 2 à 4 secondes dans de l'acide azotique à 1,33 renfermant $0^g,20$ à $0^g,25$ de fer pour 100, puis à les retirer vivement et les faire baigner dans de l'ammoniaque liquide du commerce. Le sejour dans ce dernier réactif peut durer quelques minutes. Toutes les cellules à esculine prennent alors une coloration rouge violacée plus ou moins intense.

» *Organes végétatifs, radicelle.* — La réaction est nette dans le péricycle et l'endoderme, sauf au moment de l'apparition dans ce dernier de l'assise génératrice subérophellodermique; quelques cellules se colorent dans les parenchymes libérien et cortical. Les poils radicaux ne renferment pas d'esculine.

» *Pétiole et écorce de la tige jeune.* — Le glucoside se localise principalement dans toutes les cellules de l'épiderme, dans celles de la première assise sous-épidermique et dans les poils et l'endoderme. Quant au cylindre central, la plus grande partie de l'esculine se rencontre dans les rayons médullaires et à la périphérie de la moelle, où le réactif colore presque toutes les cellules en contact avec les éléments ligneux. Cette localisation donne l'apparence d'une ligne sinueuse de cellules bordant intérieurement le cylindre central, comme l'endoderme le limite vers l'extérieur.

» *Feuille.* — La réaction est particulièrement intense dans les épidermes, faible dans le parenchyme palissadique et rare dans le mésophylle lacuneux. Au niveau des nervures, tout se passe comme dans le pétiole.

» *Tige.* — L'esculine est abondante dans la région externe du liber et l'écorce secondaire, nulle au voisinage du cambium. Par suite de l'apparition de péridermes successifs, la région corticale externe, riche en esculine et oxalate de chaux, est exfoliée.

» *Organes floraux.* — Les enveloppes florales renferment surtout l'esculine dans leurs épidermes, l'endoderme des faisceaux et quelques cellules du mésophylle. Dans le *calice,* la réaction est beaucoup plus intense dans l'épiderme inférieur, contrairement à ce qui se passe dans la feuille. Dans les *pétales,* le nombre des cellules à esculine situé dans l'endoderme est excessivement faible. Dans l'*étamine,* l'épiderme et l'assise sous-épidermique sont les lieux d'élection du glucoside; on n'en trouve guère daus l'assise endodermique du faisceau. La paroi ovarienne et le péricarpe du fruit donnent la réaction de l'esculine dans les épidermes et dans la région externe du mésocarpe, principalement au voisinage des faisceaux.

» Dans l'*ovule,* aux différents stades de son développement et dans la graine, l'esculine se localise exclusivement dans les téguments.

» Si l'on examine des germinations, on voit apparaître l'esculine dès que la radicule commence à percer les téguments et seulement à quelque distance du sommet végétatif dans les parenchymes, puis dans l'endoderme aussitôt après sa différenciation. Il est à noter que, dans ce cas, l'épiderme et la zone périphérique médullaire sont exempts de glucoside, contrairement à ce que l'on rencontre dans les organes âgés. Dans la tigelle, il n'en existe plus au point végétatif, mais à quelque distance dans l'épiderme, l'endoderme et la zone périmédullaire.

» Les germinations et les jeunes plantes développées en complète obscurité ont montré la même répartition. La production du glucoside n'est donc pas une conséquence directe de la radiation solaire; sa forma-

tion peut facilement se faire à l'obscurité au moyen des matériaux accumulés dans l'embryon.

» 2° Les mêmes recherches microchimiques concernant le tanin donnent une répartition absolument identique. L'acide esculitanique existe dans les mêmes éléments que le glucoside, ainsi que le prouve l'expérience.

» Si on laisse une coupe de pétiole de Marronnier pendant quelques secondes dans un réactif du tanin (molybdate de AzH^3 par exemple) et que l'on plonge ensuite une partie de la préparation dans l'acide azotique, puis dans l'ammoniaque, la moitié de la coupe montrera les éléments tanifères colorés en jaune; dans l'autre moitié, les mêmes éléments seront colorés en rouge et, dans la région atteinte par les deux réactifs, certaines cellules présenteront une teinte intermédiaire. De plus, si l'on cherche à enlever le composé tannique par l'alcool absolu, véhicule dans lequel l'esculine est insoluble, les organes ainsi traités ne se colorent plus par la réaction de Sonnenschein.

» Ce tanin n'existe pas dans la graine et apparaît avec l'esculine dès que la radicule perce les téguments.

» De même que pour l'esculine, la formation du tanin est indépendante de la radiation solaire, il apparaît dans l'embryon développé à l'obscurité; il n'est pas non plus utilisé pendant le développement de nouveaux organes.

» Une observation analogue avait déjà été signalée par Charbonnel-Salle [1] à propos du tanin chez le *Phaseolus*.

» Le tanin du Marronnier semble donc exister en combinaison ou tout au moins en relation très étroite avec le glucoside (esculine) existant dans la plante; en tout cas, les deux substances se rencontrent dans les mêmes éléments cellulaires. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques nouveaux Champignons et Algues fossiles, de l'époque houillère.* Note de M. **B. Renault**, présentée par M. Bornet.

« Le climat chaud et humide de l'époque houillère a favorisé certainement le développement des Champignons et des Algues, au milieu et à

---

(1) L. Charbonnel-Salle, *Recherches sur le rôle physiologique du tanin dans les végétaux* (*Thèse Sc. Paris*, 1881, 31 p. in-8°).

Fig. 1. — Coupe longitudinale d'une portion de bois de *Lepidodendron rhodumnense*. Gross. $\frac{120}{1}$.



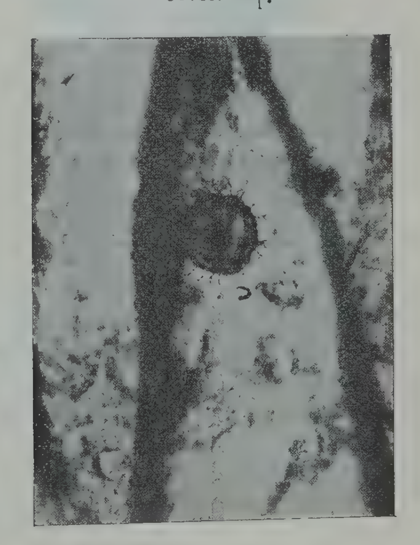
Fig. 2. — Portion grossie $\frac{390}{1}$.



Fig. 4. — Sporanges de Chytridinée disposés en chapelet. Gross. $\frac{390}{1}$.



Fig. 5. — Zygospore de Desmidiée. Gross. $\frac{100}{1}$.



l'intérieur des nombreux débris laissés, après leur mort, par les végétaux. Les Lépidodendrons formaient l'un des appoints les plus importants de cette végétation particulière, et l'on peut dire qu'il n'y a pas un de leurs organes qui n'ait servi d'abri ou de nourriture aux microphytes de l'époque.

» Nous avons signalé (¹) la présence de Champignons et d'Algues dans les gisements silicifiés du Culm d'Esnost, près Autun, ou dans différents lignites de l'Hérault. Aujourd'hui nous appellerons l'attention sur les nombreux Cryptogames fossiles des gisements, également silicifiés, du Roannais.

» La figure 1 est une coupe longitudinale d'une portion de bois de *Lepidodendron rhodumnense*. On sait que les *Lepidodendron rhodumnense* et *L. esnostense* ont un

Fig. 3.

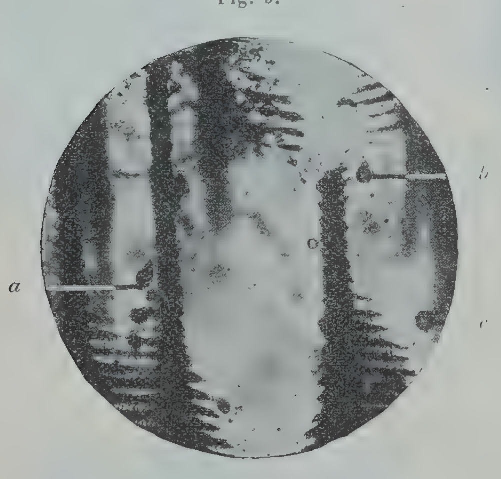
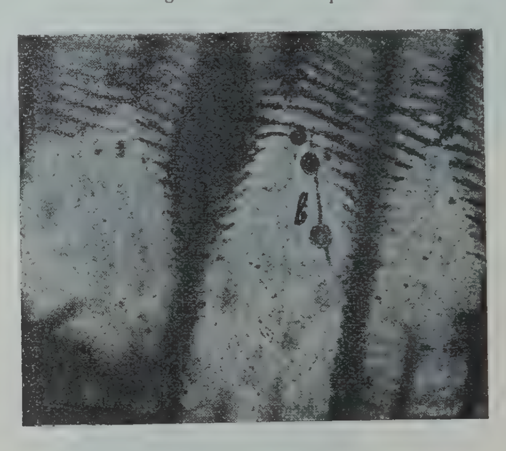


Fig. 6. — Gross. $\frac{390}{1}$.



axe ligneux complètement plein, sans moelle incluse, comme cela se présente dans les *Lepidodendron vasculare, L. Harcourti*, etc.

» Sur la figure 1 on peut voir que les trachéides rayées D renferment un certain nombre de sporanges piriformes ou sphériques *a*, *b*, *c*, mesurant les premiers 15^{μ} à 16^{μ} de long sur 10^{μ} à 11^{μ} de large, et les seconds $10^{\mu},5$ de diamètre.

» La masse protoplasmique est souvent contractée et ne touche pas l'enveloppe, elle mesure seulement $8^{\mu},5$ de diamètre; souvent aussi le protoplasme s'est divisé en petites masses sphériques (spores?), qui s'échappent (*fig.* 2, *c*, *c'*) par la portion de mycélium restée adhérente. Ces sporanges sont placés, tantôt à l'extrémité des branches du mycélium, à quelque distance les uns des autres, 20^{μ} à 22^{μ} (*fig.* 6, *b*), tantôt disposés en chapelet et contigus (*fig.* 4, *b*).

(¹) *Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles,* Société de l'Industrie minérale, Saint-Étienne, pages 73, 83, 401 et suivantes, 1900.

» La partie subéreuse de l'écorce des Lépidodendrons d'Esnost et du Roannais contient de nombreux filaments de mycéliums de Champignons, en l'absence de fructifications; ces mycéliums ne sont pas déterminables. Mais, outre ces filaments mycéliens, on remarque des spores qui sont reconnaissables (*fig.* 5). Ces spores mesurent 18^{μ} à 20^{μ}; les piquants étoilés qui recouvrent la surface n'ont que 2^{μ} à 3^{μ}, ce sont très probablement des zygospores de Desmidiée.

» *Conclusions.* — 1° Les Lépidodendrons d'Esnost, du Roannais, ont été envahis par les mêmes organismes après leur mort. 2° Dans une autre Note, nous indiquerons les Algues qui ont habité soit les macrospores, soit les intervalles existant entre les débris de ces plantes accumulés dans les marais anthracifères. 3° Il est assez intéressant de constater que les mêmes espèces de plantes, ayant prospéré à des distances considérables les unes des autres, aient été envahies par les mêmes espèces de Cryptogames et par les mêmes larves d'insectes, comme nous le verrons prochainement. »

BOTANIQUE FOSSILE. — *Sur les Lycopodinées du Trias en Lorraine.* Note de M. **P. Fliche**, présentée par M. R. Zeiller.

« Pendant longtemps, on n'a pas signalé de Lycopodinées dans le Trias, et l'on admettait même qu'on ne pouvait plus y trouver les formes de ce groupe si abondantes et si caractéristiques de la flore des terrains paléozoïques. Les découvertes successives des *Pleuromeia* Corda et Spieker, dans le Grès bigarré supérieur de Bernbourg, d'une Sigillaire, par M. Blanckenhorn dans celui de Commern, ont déjà, en faisant connaître des Lycopodinées triasiques, montré de plus que les types paléozoïques, ou d'autres leur tenant de près, se retrouvent à la base des terrains secondaires; l'étude de la flore du Trias lorrain m'a fourni quelques faits intéressants relatifs au même sujet.

» J'ai eu d'abord occasion de constater la présence du genre *Pleuromeia* dans le Trias moyen supérieur à Chauffontaine, aux environs de Lunéville, où il paraît d'ailleurs être rare; j'ai pu en examiner deux échantillons, recueillis par Lebrun, appartenant l'un à l'Ecole supérieure des mines, l'autre à la Faculté des sciences de Nancy; l'un et l'autre sont des moules de fragments de rhizomes. Le premier est le meilleur, de parfait état de conservation; il présente, avec des cicatrices laissées par la chute de racines, une partie de celles-ci encore adhérentes à l'organe. Celui-ci ne laisse aucun doute sur la détermination générique, mais il est impossible, sur un échantillon aussi incomplet, de dire s'il s'agit d'une nouvelle espèce ou de l'une de celles de Bernbourg. Dans tous les cas, c'est la première fois, à ma connaissance, que le genre est signalé en dehors de cette localité, et de plus à un niveau supérieur.

» Un autre fossile, d'un haut intérêt, a été trouvé dans le Grès bigarré de Merviller-Vacqueville, près de Baccarat, par M. R. Nicklès; c'est un type entièrement nouveau, dont la ressemblance avec les *Stigmaria* de l'époque paléozoïque est telle que, trouvé dans un dépôt appartenant à celle-ci, il serait certainement attribué à ce genre, et peut-être même à l'espèce, d'ailleurs assez hétérogène, connue sous le nom de *Stigmaria ficoides;* ce qu'on peut voir de la structure, la forme de l'axe, celle des cicatrices, leur disposition spéciale, établissent la plus étroite ressemblance avec le genre jusqu'ici seulement paléozoïque. Cependant, comme il s'agit d'un moule, l'étude histologique n'est pas possible; comme de plus l'échantillon ne porte pas ses appendices, il me semble préférable de réserver provisoirement l'attribution générique et de donner à ce fossile un nom, celui de *Stigmarites*, qui indique la très grande probabilité d'une identification avec les *Stigmaria,* sans l'affirmer toutefois. Ce n'en est pas moins un fait très intéressant, alors qu'on a trouvé une Sigillaire dans le Trias, d'y rencontrer aussi, au même niveau, un fossile paraissant identique aux *Stigmaria,* qui sont considérés comme leurs organes souterrains.

» Ce genre est représenté par une seule espèce, je l'ai dédiée au géologue qui l'a trouvée et qui m'en a généreusement abandonné l'étude. Le *St. Nicklesi* est caractérisé par son axe de section elliptique mesurant 48^{mm}-50^{mm} sur son grand axe, et 16^{mm} sur le petit, par ses cicatrices arrondies mesurant 6^{mm} à 7^{mm} de largeur.

» Parmi les espèces déjà décrites par Schimper et Mougeot dans le Trias lorrain, il en est une qui, rapportée par eux, après beaucoup d'hésitation, aux Fougères, me semble appartenir aux Lycopodinées, c'est leur *Caulopteris tessellata,* dont ils avaient fait un sous-genre *Tessellaria,* en se basant sur la forme rhomboïdale et la contiguïté des cicatrices le recouvrant. Ces faits, la présence, sur chaque cicatrice, visible même sur la figure, d'un faisceau vasculaire petit, à section circulaire, ne sont pas des caractères de Fougères arborescentes; l'examen de l'échantillon unique de cette espèce appartenant à M. le Dr Puton, de Remiremont, m'a confirmé dans l'opinion qu'il ne s'agit pas d'une Fougère, mais d'une grande Lycopodinée; sans que d'ailleurs l'empreinte soit assez nette et surtout assez complète, pour permettre de décider s'il s'agit d'un *Lepidodendron* ou d'un genre nouveau et voisin, ce qui me semble cependant le plus probable.

» C'est aussi vers les Lycopodinées que me paraissent être les plus grandes affinités du genre *Lesangeana* créé, à si juste titre, par A. Mougeot (1), pour les autres *Caulopteris* du Grès bigarré décrits par lui et son collaborateur Schimper, singuliers végétaux, fort différents des Fougères, avec des feuilles épaisses, entières, allongées, à bords parallèles, et auxquels, en l'absence de structure anatomique bien conservée et d'organes de reproduction, on ne peut assigner une place certaine dans la classification. »

---

(1) *Observations sur le* Caulopteris Lesangeana *Schimp. et Moug.* (*Ann. Soc. d'Emul. du dép. des Vosges*, t. VII, 1850, p. 185).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les néphrotoxines.* Note de M. H. Bierry, présentée par M. Roux.

« Comme je l'ai montré dans une Note précédente ([1]), si l'on injecte dans le péritoine d'un lapin du rein de chien broyé, le sang de ce lapin devient fortement néphrotoxique pour le chien. Une injection intravasculaire de ce sang détermine une albuminurie intense et peut même amener la mort.

» MM. Ascoli et Figari ([2]), dans des expériences analogues aux miennes, ont observé les mêmes effets; ils ont vu, de plus, que la néphrotoxine introduite sous la dure-mère pouvait produire des troubles nerveux graves.

» Je me suis demandé si l'on pouvait obtenir un poison actif en injectant à des lapins, non plus des reins broyés de chien, mais les nucléo-albumines provenant de ces organes.

» *Préparation des nucléo-albumines.* — Les reins sont lavés, finement hachés, mis à macérer 24^h dans une solution faible de carbonate de soude en présence de chloroforme et de toluène. On filtre, on précipite par l'acide acétique, on laisse déposer, on décante, on lave à l'eau. Après plusieurs précipitations et redissolutions successives, on obtient après filtration un liquide incolore dans lequel on précipite une dernière fois les nucléo-albumines. On les recueille et on les dessèche à l'étuve.

» *Préparation de la néphrotoxine.* — La poudre ainsi obtenue est mise en suspension dans une solution de NaCl à 8 pour 1000 et injectée dans le péritoine de lapins de forte taille. Chaque injection comportait environ $0^g,25$ de nucléo-albumine par kilogramme d'animal. On faisait au moins sept injections; trois séparées par un intervalle de huit jours, puis une quatrième trois semaines après la troisième, enfin trois autres, une chaque semaine.

» Les lapins supportent bien ces opérations, ils continuent à augmenter de poids. Une partie au moins des nucléo-albumines s'élimine en nature et passe dans l'urine du troisième au dixième jour qui suivent l'injection.

» Huit jours après la dernière injection, le sang est recueilli par la carotide et défibriné aseptiquement.

» *Injection de la néphrotoxine au chien.* — On s'assurait, d'abord, que les chiens utilisés ne présentaient pas trace d'albumine dans l'urine.

» A un chien de 12^{kg} à 15^{kg}, on injectait, dans le péritoine, 20^{cm^3} à 25^{cm^3} de ce sang de lapin. A partir du troisième jour, on observe une albuminurie qui va en augmen-

---

([1]) *Comptes rendus,* 7 mai 1901.

([2]) Ascoli et Figari, *Ueber Nephrolysine* (*Berliner klinische Wochenschrift,* t. XXXIX, 1902, p. 560, 634.

tant pour passer par un maximum au bout du dixième ou quinzième jour. Dans quelques cas, les animaux présentaient en même temps une sorte de coma; chez un des chiens qui était resté 10 jours sans prendre de nourriture, nous avons constaté une albuminurie notable encore, un mois et demi après l'injection.

» Nous avons injecté comparativement le sang total défibriné, le sérum et enfin les globules. Ce sont les globules qui produisent les effets les plus intenses. Quant au sérum, ses effets sont d'autant plus marqués qu'il est resté plus longtemps au contact avec les globules *in vitro* avant l'injection. Il semble donc qu'ici, comme pour les autonéphrotoxines, on soit en présence de poisons leucocytaires ([1]).

» A la suite d'injections répétées de sang total ou de sérum, il s'établit chez le chien une sorte d'accoutumance, les effets s'atténuent sans disparaître.

» Dans l'urine, à côté des albumines ordinaires (sérine et globuline), nous avons rencontré parfois des albumoses que nous avons pu caractériser par les réactions protéosiques. L'urine déféquée par le nitrate mercurique et traitée par la phénylhydrazine, n'a jamais donné de glucosazone.

» Les injections de sang et de sérum de lapins normaux ne produisent chez le chien aucun des troubles que nous venons de décrire.

» *Conclusion.* — Les injections répétées au lapin, non plus des cellules de rein de chien, mais des constituants chimiques de ces organes, permettent d'obtenir une néphrotoxine énergique pour le chien. »

HYDROLOGIE. — *Sur la vitesse d'écoulement des eaux souterraines.* Note de MM. **E. Fournier** et **A. Magnin**.

« Nos études hydrologiques, poursuivies depuis 1896 dans la région du Jura, nous ont permis de recueillir quelques documents qui, ajoutés à ceux que l'on posséde déjà, jettent un jour nouveau sur la question de la vitesse d'écoulement des eaux souterraines.

» *Expériences de coloration à la fluorescéine* ([2]). — La lenteur de propagation de cette substance est toujours très grande. Elle reste en général inférieure à 1^k par jour.

» Une des causes de cette lenteur est la présence de cavités assez vastes, où l'eau demeure presque stagnante et dans le parcours desquelles la vitesse devient sensiblement nulle en eaux basses. La présence de ces cavités a pu être constatée par nous *de*

([1]) *Recherches sur les néphrotoxines* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 19 juillet 1902).

([2]) Nos expériences ont porté surtout sur des réseaux souterrains à régime vauclusien. Pour la circulation dans les terrains à perméabilité homogène, voir Marboutin, *Contribution à l'étude des eaux souterraines : Courbes isochronochromatiques* (*Comptes rendus*, 11 février 1901, et *Soc. Ing. civils de France*, 15 février 1901).

visu, dans l'exploration d'un grand nombre de cours d'eau souterrains; c'est à elle qu'il faut attribuer les grandes variations que l'on observe entre la vitesse de propagation en eaux basses et en grandes eaux : cette variation peut aller de 1 à 10 (¹).

» En effet, en basses eaux, l'écoulement s'effectue dans les galeries comme dans une conduite libre, et la vitesse à la surface (qui, comme nous le verrons plus loin, est de beaucoup supérieure à celle de la propagation de la fluorescéine) est donnée par la formule

$$v = 50\sqrt{\alpha\rho}$$

(α = pente par mètre, ρ = rapport entre la surface de section et le périmètre mouillé).

» Or, dans les grands réservoirs stagnants intercalés sur le parcours du réseau, α tend vers 0 et la vitesse tend à s'annuler.

» Par les grandes eaux, au contraire, il arrive souvent que les galeries se remplissent complètement, et l'ensemble du système fonctionne alors comme une conduite en pression, dans laquelle la vitesse moyenne est donnée par les formules

$$v = 53{,}58\sqrt{\frac{DL}{4\delta}} - 0{,}025 \quad \text{(Prony)} \qquad \text{ou mieux} \qquad Q = \frac{\pi}{8}\sqrt{\frac{D^5\delta}{b_1}} \quad \text{(Darcy)}.$$

(D = diamètre de la conduite, L sa longueur, δ = différence de niveau entre les extrémités, Q = débit, b_1 = coefficient variable avec les dimensions de la conduite).

» On voit donc que, lorsque D augmente, v augmente aussi : la vitesse au lieu de s'annuler, comme dans le cas précédent, s'accroît au contraire dans les portions dilatées (réservoirs).

» Par conséquent, tandis que la vitesse moyenne varie d'une façon régulière dans les cours d'eau superficiels en fonction des variations du rapport ρ, il se produit, dans les cours d'eau souterrains, une variation brusque de vitesse, au moment où le régime d'écoulement en conduite libre se trouve remplacé par le régime en conduite chargée. C'est à ce moment que se déversent brusquement dans le réseau souterrain les bases de décantation, chargées de bactéries et de matières putrescibles qui s'étaient accumulées en basses eaux dans les réservoirs stagnants.

» *Expériences diverses.* — Dans des expériences faites avec d'autres substances que la fluorescéine (sel, amidon, etc.) on observe toujours des vitesses plus grandes :

» *Noiraigue* (expérience *Desor* avec amidon), 8 heures au lieu de 204.

» *La Reuse* (expérience *Desor* avec amidon), 12 heures au lieu de 312.

» *Arcier* (expérience *Jeannot* avec sel marin), 9 heures 30 minutes au lieu de 92.

» *Gellin*, le déversement des purins arrive au captage deux fois plus vite que la fluorescéine (²).

» La levée des vannes placées à l'entrée de certains entonnoirs donne une propagation plus rapide que celle de la fluorescéine, ainsi :

» L'eau du lac de *Crenans* apparaît 10 heures après la levée des vannes de l'usine,

(¹) Dans une expérience (Champlive) le volume des cavités a été suffisant pour faire disparaître d'une manière complète une coloration de $280\,000^{m^3}$.

(²) En colorant les ruisseaux superficiels, on observe d'ailleurs que la fluorescéine reste toujours en retard sur les matières en suspension ou sur les particules flottantes.

à 2^{km},300 en aval. L'eau du lac de *Narlay* s'arrête au moulin de *Chalin* (10^{km}) 12 heures après la fermeture des vannes. L'eau des vannes de *Bonport* ne met que 1 heure 30 minutes pour arriver à l'*Orbe* (Forel). L'eau du *lac de l'Abbaye* arrive au torrent de l'*Enragé* 2 jours après l'ouverture des vannes (30^{km}).

» Les troubles survenant après les pluies et LES CRUES MICROBIENNES qui les accompagnent se propagent aussi bien plus rapidement que les colorations. Ainsi le *puits de la Brême* enfle 48 heures après les orages éclatant dans le *bassin du Leubat*. La *source d'Arcier* trouble et contient du *B. coli* 2 heures après les chutes d'eau dans le *bassin de Nancray*, etc.

» *Conclusions.* — Il faut donc conclure de tous ces faits :

» 1° Que les manifestations de la circulation souterraine se succèdent dans l'ordre de vitesse décroissant suivant :

» A. *Troubles et intumescences après les pluies;*

» B. *Crues microbiennes correspondantes;*

» C. *Intumescence* après la *levée des vannes* et arrêt après leur fermeture;

» D. *Apparition* du *sel*, de l'*amidon*, etc;

» E. Apparition de la *fluorescéine;*

» 2° Que la vitesse des cours d'eau souterrains peut *varier brusquement* et considérablement avec les précipitations atmosphériques;

» 3° Que, de la lenteur de propagation de la fluorescéine, il ne faudrait pas conclure à une lenteur correspondante de propagation des cultures microbiennes et que *les sources vauclusiennes sont sujettes à une contamination brusque, impossible à prévoir à temps;* il ne faut donc pas les admettre comme eaux d'alimentation, même en temps de sécheresse, puisqu'il suffit d'une pluie d'orage pour les empoisonner brusquement. »

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

G. D.

ERRATA.

(Séance du 16 mars 1903.)

Note de M. *Fleig*, Augmentation réflexe de sécrétion biliaire par introduction d'acide dans le duodéno-jéjunum :

Page 702, ligne 10, *au lieu de* HCl à 6 pour 100, *lisez* HCl à 6 pour 1000.
Page 703, ligne 20, *au lieu de* 7 pour 100, *lisez* 7 pour 1000.